KRAKATAU

PAR

R. D. M. VERBEEK

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES

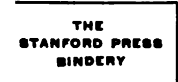
Chevalier du Lion Néerlandais

PUBLIÉ PAR ORDRE DE SON EXCELLENCE LE GOUVERNEUR-GÉNÉRAL DES INDES NÉERLANDAISES

BATAVIA

IMPRIMERIE DE L'ÉTAT

1886


THE
STANFORD PRESS
BINDERY





KRAKATAU

PAR

R. D. M. VERBEEK

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES

Chevalier du Lion Néerlandais

PUBLIÉ PAR ORDRE DE SON EXCELLENCE LE GOUVERNEUR-GÉNÉRAL DES INDES NÉERLANDAISES

BATAVIA
IMPRIMERIE DE L'ÉTAT
1886

PRÉFACE.

Lorsque, peu de temps après la grande éruption de 1883, le Gouvernement de l'Inde me chargea de visiter Krakatau et de faire une enquête générale sur les causes et les effets de la dernière crise volcanique, je crus d'abord n'avoir à exécuter qu'un travail purement géologique.

Mais, dès avant mon départ, les nouvelles de Ceylan vinrent apprendre que, le jour de l'éruption, on avait observé sur les côtes un mouvement anormal de la mer, qui devait indubitablement être attribué au Krakatau. Et, à peine étais-je de retour de mon voyage au détroit de la Sonde, que d'Europe arriva l'annonce de perturbations barométriques, de colorations bleues et vertes du soleil et de la lune, et de lueurs rouges extrêmement vives avant le lever et après le coucher du soleil. Tous ces phénomènes furent rattachés, presque aussitôt après leur première apparition, à l'éruption du Krakatau, et ils devaient donc nécessairement, comme „effets" de cette éruption, entrer dans le cercle des recherches.

Ainsi, tandis que pour la plupart des volcans les conséquences d'une éruption restent bornées au voisinage immédiat du foyer volcanique, et que les études à faire après une nouvelle manifestation d'activité sont en général de nature exclusivement géologique, il fut bientôt démontré, qu'à Krakatau il s'agissait d'un cas d'éruption exceptionnellement remarquable, dont les effets s'étaient fait sentir sur la terre entière, soit comme phénomènes météorologiques, soit comme mouvements particuliers de l'air ou de la mer.

Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que cette éruption ait excité un intérêt extraordinaire, non-seulement chez les géologues, mais aussi parmi les hydrographes, les météorologistes et les astronomes.

Sans exagération, on peut dire que l'éruption du Krakatau, de 1883, a été, dans le domaine du vulcanisme, l'évènement, sinon le plus grand, au moins le plus intéressant de notre siècle, et même l'éruption la plus remarquable dont l'humanité ait été témoin jusqu'à ce jour. Sans doute, lors d'éruptions antérieures, notamment dans celle du Tambora en 1815, il s'est produit aussi d'importantes perturbations atmosphériques; mais, à cette époque, les instruments manquaient pour inscrire convenablement ces phénomènes, de sorte qu'ils passèrent inaperçus et furent perdus pour la science.

L'extrême utilité des baromètres et échelles de marée à enregistrement automatique a été mise en pleine évidence par l'éruption du Krakatau; jusqu'ici, toutefois, ces instruments sont encore relativement peu nombreux, et il est à espérer que notre description excitera à multiplier les barographes, qui inscrivent la pression de l'air sous la forme de courbe continue, et surtout à installer un plus grand nombre de marégraphes, sur les points favorablement situés des Côtes et dans différentes îles de l'Océan.

Comme conséquence immédiate de la mission dont j'étais chargé, il me fallut engager, aux Indes et à l'étranger, une vaste correspondance pour réunir les données nécessaires, et je dois constater avec reconnaissance que la plupart des personnes auxquelles j'eus recours m'ont aidé de tout leur pouvoir. La difficulté d'obtenir des données parfaitement sûres, ou de discerner la vérité parmi des récits contradictoires, m'a toutefois fait passer bien des moments pénibles, et l'insuffisance ou l'inexactitude de quelques indications m'a préparé mainte déception. Aujourd'hui encore il me manque plusieurs données, de sorte que, plus tard, une suite à ce Rapport sera probablement nécessaire. A cette suite je joindrai les dessins qui n'ont pas été reçus à temps pour paraître avec les autres. La reproduction des cartes et des planches ne pouvant convenablement se faire aux Indes, il a fallu les envoyer en Europe; si les dessins parvenus en dernier lieu avaient également dû accompagner le Rapport, son apparition aurait été trop retardée. C'est pourquoi la publication d'un certain nombre de courbes marégraphiques et de barogrammes, de la „courbe des feldspaths" de la cendre du Krakatau, et de quelques autres dessins, a été ajournée. Provisoirement, d'ailleurs, la description détaillée actuelle suppléera suffisamment au manque de ces illustrations.

Comme on n'avait pas tardé à reconnaître que la reproduction des

cartes et le rassemblement des données nécessaires prendraient un temps considérable, le Gouvernement désira recevoir d'abord un aperçu succinct des premiers résultats des recherches. Ce *Kort verslag over de uitbarsting van Krakatau op 26, 27 en 28 Augustus* 1883, parut dans le Journal officiel de Java (Javasche Courant) du 7 Mars 1884 (¹). Il fut écrit rapidement et avant que les produits éruptifs eussent pu être soumis à une étude minutieuse, de sorte que quelques-unes des opinions qui y sont énoncées ont été modifiées plus tard. C'est ainsi que je ne regarde plus les billes marneuses, rejetées par le volcan, comme formées par la rotation rapide de vase ou de détritus marneux, car postérieurement ces petites boules ont été trouvées dans des roches argileuses; elles existaient donc déjà sous cette forme avant l'éruption. Je suis aussi revenu de l'opinion que la matière pulvérulente trouvée, en plusieurs lieux d'Europe, dans la neige et la pluie, serait originaire du Krakatau. Ensuite, l'heure des quatre plus violentes explosions a été légèrement modifiée, et un changement plus considérable a été apporté à l'heure de la production de la plus grande onde marine, ce qui change aussi les chiffres obtenus pour les profondeurs moyennes de la mer. Enfin, la composition de quelques produits de 1883 ayant été déterminée exactement, par des analyses nouvelles et détaillées, il en est ressorti que les chiffres donnés dans le „*Kort Verslag*", pour la proportion d'acide silicique, sont la plupart trop forts. — Ce sont là, toutefois, les seules modifications de quelque importance qu'il y ait à introduire dans mon rapport sommaire.

Dans un Mémoire écrit en Mai 1884, „*Over de tijdsbepaling der grootste explosie van Krakatau op 27 Augustus* 1883 (*Versl. en Mededeel. der Kon. Ak. v. Wetensch., Afd. Nat.*, 1884, p. 45—57) (²), j'admettais encore (p. 56), pour l'heure où fut engendrée la plus grande onde marine, $9^h\ 45^m$. Ce n'est que plus tard que je trouvai le vrai mode de calcul.

Pour la raison ci-dessus mentionnée, il fut décidé aussi de faire paraître séparément, aussitôt après l'impression, la première partie de ce Rapport, savoir les Chapitres I à III, avec les Notes correspondantes. Cette partie, en effet, essentiellement consacrée à l'historique de la grande éruption de 1883, était intelligible sans le secours des cartes et des planches.

(¹) La traduction française de cette brochure se trouve dans les Archives Néerlandaises, Tome XIX, 1884, et dans le Bulletin hebdomadaire de l'association scientifique de France 1884 Nos. 215 et 216; la traduction anglaise dans „Nature", No. 757.

(²) La traduction française se trouve dans les Archives Néerlandaises Tome XX, 1885.

En outre, il semblait utile de démentir officiellement, dans le plus bref délai les nombreux détails inexacts qu'une feuille anglaise, peu de jours après l'éruption, s'était soi-disant fait télégraphier d'Amérique. Ces incroyables récits avaient été avidement reproduits par la plupart des journaux d'Europe, et avaient même trouvé accès dans des publications scientifiques.

La seconde partie de l'ouvrage, formée des Chapitres IV à VII et des Notes qui s'y rapportent, contient l'exposé de phénomèmes observés pendant et après l'éruption. J'y ai joint toutefois la description de la partie plus ancienne de Krakatau, description qu'on trouvera dans les sections géologique et pétrographique. L'ouvrage ne traite donc pas exclusivement de l'éruption de 1883, mais est devenu une monographie du volcan Krakatau.

Dans les Notes, toutes les sources auxquelles j'ai puisé sont soigneusement mentionnées, afin de mettre le lecteur en état de contrôler, autant que possible, les données et les relations dont il a été fait usage. On y rencontrera aussi un certain nombre de calculs et de formules sur la vitesse des ondes aériennes et marines, sur le tir des projectiles, etc., calculs dont la communication paraîtra peut-être, à beaucoup de personnes, plus ou moins superflue. Je les ai néanmoins reproduits, parce que mon ambition était de donner un ouvrage spécial aussi complet que possible, qui pût rendre service dans des occasions ultérieures. S'il est à supposer, et vivement à souhaiter dans l'intérêt de l'humanité, que ces grandes catastrophes restent aussi rares dans l'avenir qu'elles l'ont été jusqu'ici, rien ne nous garantit pourtant qu'une nouvelle éruption, aussi violente que celle de 1883, et accompagnée des mêmes phénomènes, ne se produise avant la fin du siècle.

Alors, je l'espère, on trouvera réuni dans cet ouvrage, tout ce qui est nécessaire pour faire connaître, sous ses faces diverses, cette future éruption; il dispensera de recommencer les longues recherches dans une foule de livres et de journaux, et les nombreux et pénibles calculs, qui ont rendu si laborieuse la rédaction de ce Rapport.

Je me suis abstenu d'hypothèses tendant à expliquer la richesse particulière, en phénomènes volcaniques, de l'année 1883, parce que, à mon avis, toute base solide fait défaut pour de pareilles spéculations.

Si l'eau, qui de la surface s'infiltre dans les cavités souterraines est regardée comme la cause première des tremblements de terre et des

éruptions, il paraîtra naturel, lorsque ces phénomènes se multiplient, de songer soit à la formation ou à l'élargissement de fentes de dislocation, soit à des effondrements souterrains, car l'une et l'autre de ces circonstances augmentent l'afflux de l'eau et élèvent la tension dans les profondeurs de la croûte terrestre. Mais il faut encore expliquer pourquoi, justement vers l'an 1883, une semblable modification est survenue dans l'état des fentes de dislocation; or, c'est là un problème qui restera, je crois, à jamais insoluble.

On a voulu voir un rapport entre les phénomènes volcaniques dont la terre a été le théâtre et le surcroît d'activité du soleil à la même époque. Le maximum de la période des taches solaires paraît tomber vers 1884.0 donc peu de mois après la grande éruption.

Les belles recherches de M. le professeur R. Wolf, de Zürich, ont montré qu'il existe une connexion entre le nombre des taches solaires et la grandeur de la variation diurne de la déclinaison. Dans le cas de maximum des taches, il pourrait donc se produire des courants magnétiques terrestres particulièrement intenses, lesquels détermineraient à l'intérieur de la terre des actions chimiques, favorables aux tremblements de terre ou aux éruptions.

Mais il ne faut pas oublier qu'aux époques 1829.9, 1837.2, 1848.1, 1860.1 et 1870.6, il y a eu également des maxima de taches, parmi lesquels ceux de 1837 et 1870 étaient près de deux fois aussi grands que le maximum de 1884, et pourtant ces années ne se sont nullement distinguées par une activité volcanique spéciale.

Pour cette raison, je ne puis reconnaître aucune connexion entre l'activité du soleil et celle de la terre en 1883; je ne saurais pas davantage en admettre, comme on le verra dans le texte, entre notre grande éruption du mois d'Août et la position de la terre par rapport à la lune et au soleil.

Les poids et les mesures, indiqués dans cet ouvrage, sont exprimés dans le système métrique, sauf les distances en mer, pour lesquelles on a employé le mille de 60 au degré; dans les citations, néanmoins, on trouvera encore d'autres unités. Pour éviter toute confusion, je rappellerai ici les mesures de longueur les plus usitées.

1 mille géographique ou Allemand = 7420.44 mètres (plus simplement 7420.4 mètres).

1 mille de 60 au degré = 1855.11 mètres (plus simplement 1855.1 mètres).

Dans les publications anglaises, ce mille est parfois appelé, à tort, "geographical mile."

1 mille marin ou mille = 1 nautical mile = 1852.0 mètres.

Dans cet ouvrage, le mille marin a généralement été pris égal au mille de 60 au degré, parce que la différence est faible et que les deux valeurs ci-dessus données ne sont elles-mêmes exactes que pour l'équateur et pour un méridien. Lorsqu'une plus grande précision était nécessaire, on a déterminé la longueur par un calcul particulier.

1 mille terrestre anglais = 1 mile ou statute mile = 1760 yards = 1609.3 mètres.

1 pied anglais = 12 inches = 0.3048 mètre.

1 pouce anglais (inch) = 25.4 millimètres.

Pour g, l'accélération due à la pesanteur, on a pris la valeur à la latitude $\varphi = 0°$, savoir g = 9.781 mètres.

1 brasse anglaise (fathom) = 6 pieds anglais = 1.829 mètres (plus simplement 1.83 mètres).

Sur quelques cartes marines indo-néerlandaises on trouve aussi des brasses de 1.8 mètres.

N. B. Lorsque, à propos de nouvelles, de numéros de journaux, ou de dates, *aucun* chiffre d'année n'est mentionné, c'est toujours l'année 1883 qui est entendue.

Je dois beaucoup de reconnaissance au Gouvernement de l'Inde, qui, pénétré de l'importance de cet évènement, m'a mis libéralement en état d'étudier de la manière la plus complète l'éruption du Krakatau, et qui a publié sur une large échelle, en deux langues, les résultats de cette étude;

et aussi, au Ministère des colonies à la Haye, pour m'avoir procuré un grand nombre de courbes marégraphiques et d'autres données, de France, d'Angleterre, de l'Amérique du Nord et du Sud;

au Département de l'Instruction publique, des Cultes et de l'Industrie, et au Bureau des mines, à Batavia, pour m'avoir fourni les données officielles de l'Inde néerlandaise, reçues des Chefs d'administration provinciale, des ingénieurs des mines et d'autres fonctionnaires;

au Consul général des Pays-Bas à Melbourne Jhr. D. PLOOS VAN AMSTEL, pour l'envoi de données de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande;

au Consul d'Angleterre à Batavia M. N. MAC NEILL, pour m'avoir procuré des données de l'Inde anglaise et de l'Afrique méridionale.

Puis: à M. le professeur Dr. CLEMENS WINKLER, de Freiberg en Saxe, pour ses analyses très complètes de différents produits du Krakatau, émis en 1883;

à M. l'ingénieur des mines J. A. SCHUURMAN, pour sa description de l'éruption du mois de Mai, avec esquisse du cratère, le seul dessin que nous possédions du cratère Perboewatan;

au capitaine d'Etat-major H. J. G. FERZENAAR, pour la description, avec carte, de Krakatau au 11 Août, le dernier document qui existe sur le volcan avant la grande éruption;

à M. le Dr J. P. VAN DER STOK, directeur de l'Observatoire magnétique et météorologique de Batavia, pour l'envoi des observations magnétiques et météorologiques faites à Batavia le jour de l'éruption;

à M. l'ingénieur des mines J. W. RETGERS, pour le concours qu'il m'a prêté dans l'examen microscopique et chimique des roches du Krakatau, et pour sa description, très détaillée et très intéressante, de la cendre de 1883; l'exécution des analyses chimiques a été facilitée par M. A. BOCHARDT, pharmacien à Buitenzorg, qui a eu l'obligeance de mettre à notre disposition son laboratoire, avec tous les instruments et réactifs nécessaires;

à M. l'ingénieur des travaux publics civils A. P. MELCHIOR, de Batavia, pour différents calculs sur l'intensité théorique du phénomène des marées et sur le niveau normal de l'eau à Batavia du 26 au 31 Août.

La part que les 6 personnes nommées en dernier lieu ont eue à mon travail sera mentionnée dans le texte.

Ensuite: à Mr N. P. VAN DEN BERG, Président de la Banque de Java, pour avoir bien voulu compulser le *Dagregister van het Kasteel Batavia* de l'année 1679;

au Colonel A. HAGA, Chef de l'Etat-major général; au Major d'Etat-major F. C. E. MEYER, Chef du service topographique; à M. J. E. ALBRECHT Président du Conseil des tutelles, bibliothécaire de la Société des Arts et des Sciences de Batavia; à M. J. J. POORTMAN, lieutenant de marine de 2de classe, faisant fonctions de directeur de l'observatoire météorologique; à M. le Dr. S. FIGÉE, sous-directeur de cet Observatoire; à M. le Dr H. ONNEN

et à M. le Dr. C. Ph. SLUITER, professeurs au Gymnase Guillaume III, le dernier, en outre, bibliothécaire de la Société royale physique; et à M. G. J. SLUIJTERMAN, lieutenant de marine de 2de classe; pour l'envoi de livres, de cartes, de brochures, de journaux scientifiques et de rapports sur l'éruption, appartenant en majeure partie aux bibliothèques de la Société des Arts et des Sciences de Batavia, de la Société royale physique, de l'Observatoire, de l'Etat-major général, du Département de la marine et du Bureau topographique;

à M. M. A. C. J. EDELING, chef du Bureau hydrographique; D. J. W. A. G. COOPS, 1er assistant à ce bureau; J. S. VAN DROOGE, Inspecteur du balisage et de l'éclairage des côtes; et W. H. DITTLOF TJASSENS, lieutenant de marine de 1ère classe (aujourd'hui sous-inspecteur du balisage); pour différentes données et renseignements en matière nautique;

à M. M. les Résidents Jhr. H. W. F. HORA SICCAMA, de Batavia, A. J. SPAAN, de Bantam (aujourd'hui de Soerakarta); et J. A. VELDERS, des Districts de Lampong, pour différentes données concernant la dévastation de ces provinces;

à M. M. les Résidents R. C. KROESEN, de la Côte orientale de Sumatra; A. H. G. BLOKZEIJL, de Riouw; Jhr. Th. G. V. BOREEL, de Krawang; l'Assistant-Résident J. J. BISCHOFF, de Tjandjoer; et le Contrôleur, H. V. baron BENTINCK, du Bandoeng occidental; pour données sur la limite des cendres dans ces provinces;

à M. M. les ingénieurs en chef des travaux publics civils J J. DIJKSTRA et M. J. VAN BOSSE, pour copies des courbes marégraphiques du détroit de Madoera et de Tandjong Priok, ainsi que pour d'autres renseignements;

à M. M. le Dr. A. STAMMESHAUS, à Bandar, le Contrôleur J. PEELEN, à Talang Betoetoe, le capitaine FERZENAAR, à Pandeglang et l'ingénieur des mines SCHUURMAN, à Batavia; pour l'envoi d'échantillons de cendre;

à M. J. H. PANNEKOEK, Secrétaire général (aujourd'hui membre du Conseil de l'Inde néerlandaise), pour l'envoi de journaux de Chine, des Straits Settlements et de Sarawak, appartenant au Secrétariat général;

à M. A. D. J. PENN, Secrétaire de l'Association commerciale de Batavia, pour l'envoi de journaux de Maurice, de Ceylan et d'Australie, appartenant à la Société;

à MM les rédacteurs en chef et éditeurs des journaux Algemeen Dagblad,

Bataviaasch Handelsblad, Java Bode et Locomotief, pour l'envoi des numéros qui me manquaient;

à M. C. Dietrich, de Semarang, pour la cession d'une collection de 234 articles de journaux, relatifs à l'éruption, qu'il avait rassemblés;

à M. le Dr. K. Mertens, professeur à l'Ecole moyenne supérieure de Semarang, pour le dosage de l'acide silicique d'une roche du Poolsche Hoed;

à M. P. A. van der Made, directeur de l'usine à gaz de Batavia, pour la cession de différents tableaux de la pression du gaz, et autres renseignements concernant l'usine;

à M. P. Landberg, de Batavia, pour informations prises auprès de M. Ross, de l'île Keeling, et pour communications au sujet de la *Marie*, bâtiment dont il est propriétaire;

à M. le professeur C. H. D. Buys Ballot, pour l'envoi de copies des barogrammes d'Utrecht;

à M. Rob. J. Ellery, Government Astronomer à Melbourne, pour avoir rassemblé de nombreuses données concernant l'Australie et la Nouvelle-Zélande, et pour l'envoi des barogrammes de Melbourne;

à M. C. Todd, Government Astronomer à Adélaïde, pour avoir rassemblé des données de l'Australie;

à M. H. C. Russell, Government Astronomer à Sydney, pour l'envoi de la courbe marégraphique et des superbes barogrammes de cette localité;

à M. le professeur Dr. Neumayer, directeur de la Deutsche Seewarte à Hambourg, pour l'envoi de la courbe marégraphique et des barogrammes de la Géorgie-du-Sud, ainsi que de diverses brochures;

à M. le professeur Dr. G. vom Rath, de Bonn, pour l'envoi de sa brochure sur la tridymite de Krakatau;

à M. l'abbé A. F. Renard, d'Uccle, près Bruxelles, et à M. le professeur Dr. A. von Lasaulx, de Bonn, pour l'envoi de brochures;

au Colonel W. J. Havenga, à Bruxelles, ancien Chef du service topographique de l'Inde néerlandaise, pour les soins apportés à la correction des cartes et des planches qui accompagnent ce Rapport;

à mes collègues MM. J. C. van Heuckelum et J. W. Retgers, qui, dans mon second voyage à Krakatau, m'ont aidé à recueillir des échantillons de roches.

Enfin, à un très grand nombre d'autres personnes, qui eurent l'obligeance de me faire des communications de vive voix, ou de m'envoyer des

renseignements relatifs à l'éruption et à ce qui s'y rapporte; les noms de la plupart de ces personnes sont cités dans les Notes.

Si j'ai pu composer un ouvrage qui, malgré d'inévitables lacunes dans quelques parties, présente sous les rapports essentiels, j'ose m'en flatter, un tableau fidèle et complet de la grande éruption de 1883, c'est à ces nombreux auxiliaires que j'en suis redevable. A eux tous, pour leur concours empressé, mes chaleureux remercîments!

Avant de terminer, je signalerai en quelques mots ce que l'éruption nous a appris de plus nouveau ou de plus intéressant.

1. En premier lieu, l'extrême violence des bruits mérite notre attention. Les matières furent lancées hors du cratère jusqu'à une hauteur très considérable, avec une grande vitesse, et ces décharges furent accompagnées de détonations, dont l'intensité surpassa de beaucoup celle de tous les bruits connus. Aussi, dans aucun autre évènement antérieur, le son n'a été entendu sur une si grande partie de la surface terrestre.

   Récemment, à l'Académie des sciences de Paris (Comptes Rendus, 9 Mars 1885), on a même soulevé la question de la propagation directe de ces détonations, à travers le noyau central de la terre, jusqu'aux antipodes de Krakatau. Suivant la communication de M. F. A. Forel, des détonations furent entendues, le 26 Août, dans l'îlot de Caïman-Brac, mer des Caraïbes (au sud de Cuba, par 80° Long. O. de Gr. et 20° Lat. N.) L'heure n'est pas indiquée, mais il résulte clairement de la communication que les bruits furent entendus *de jour*. (Le ciel était serein. On courut au rivage, pour voir si un navire approchait, etc.).

   Pour plusieurs raisons, il ne me semble pas très probable que ces bruits aient été originaires de Krakatau. D'abord, en même temps que se produisait le cataclysme du détroit de la Sonde, des éruptions paraissent avoir été observées près de l'antipode, bien qu'à ce sujet les rapports laissent à désirer sous le rapport des détails (voir p. 474). Ensuite, certaines considérations tendent également à faire croire qu'un tremblement de terre ou une éruption a eu lieu, à ce moment, dans la mer des Caraïbes, ou à peu de distance (voir p. 453

et 475). Enfin, l'hypothèse dont il s'agit est en désaccord avec les données de temps; si, pour la transmission du son à travers le noyau du globe, on admet avec M. Forel qu'une durée de *une* heure est suffisante, — ce qui est probablement trop peu, — les grandes explosions du Krakatau ne peuvent avoir été entendues au voisinage de l'antipode pendant le jour, mais seulement à une heure avancée du soir, le 26 Août.

2. Par suite de ces formidables explosions, l'air entra dans une agitation tellement violente, qu'à de grandes distances du volcan beaucoup d'objets éprouvèrent des vibrations assez fortes pour faire croire à des secousses de tremblement de terre.
3. La production d'une perturbation atmosphérique, se propageant sous la forme de très longues ondes aériennes tout autour de la surface de la terre, est également un phénomène qu'on n'avait pas encore observé pendant les éruptions, quoique d'autres perturbations de l'air aient déjà été interprétées comme des mouvements ondulatoires réguliers.
4. Le phénomène des colorations vertes et bleues du soleil et de la lune, et celui des belles lueurs rouges crépusculaires, avaient aussi été remarqués à la suite d'éruptions antérieures, mais non au même degré d'intensité qu'après le mois d'Août 1883.
5. Si les puissants cônes tronqués de beaucoup de volcans ont déjà à maintes reprises été regardés comme les ruines de montagnes coniques jadis terminées en pointe aiguë, et dont la forme surbaissée actuelle est due à l'effondrement de la partie centrale, l'éruption du Krakatau nous a fait assister pour la première fois à un effondrement sur une échelle aussi vaste que celle du Tengger dans l'Est de Java, lequel est, comme on sait, l'un des plus grands cratères d'effondrement du monde. L'explication ci-dessus rappelée, dont la justesse était parfois mise en doute, parce que les dimensions souvent considérables de la partie écroulée paraissaient constituer une sérieuse objection, doit, depuis l'effondrement du Krakatau en 1883, être tenue pour parfaitement exacte.
6. La coupe presque verticale du Pic Rakata, créée par l'effondrement, nous a fourni une précieuse occasion de jeter un coup d'oeil sur la structure interne d'un volcan. Bien entendu, la composition,

dévoilée par ce cas particulier, n'est nullement applicable à tous les cônes volcaniques; c'est ainsi, par exemple, que dans beaucoup de volcans on peut regarder comme très probable l'existence d'un espace vide ou d'un noyau compacte, quoique notre coupe du Rakata ne montre rien de pareil.

7. La chute, dans la mer, d'une partie du Pic a engendré des ondes, dont la hauteur dépassait de beaucoup celle des plus fortes lames soulevées par la tempête. C'est principalement à cet accident secondaire, à la submersion du littoral du détroit de la Sonde par ces monstrueuses vagues, que doit être attribué le grand nombre des victimes de l'éruption du Krakatau.

8. La propagation de ce mouvement ondulatoire a été des plus remarquables. Non-seulement dans toute la Mer des Indes, mais aussi dans les Océans Atlantique et Pacifique, on a observé des mouvements de la mer, occasionnés par l'onde du Krakatau. Une partie toutefois des perturbations que le niveau de la mer a éprouvées sur les côtes de l'Amérique et de l'Europe, perturbations qu'à l'origine on avait également imputées au Krakatau, doivent avoir eu une autre cause.

9. On sait qu'à l'aide de la vitesse de propagation du mouvement ondulatoire on peut calculer la profondeur moyenne de la mer sur le trajet parcouru. Pour la route Krakatau — Géorgie-du-Sud, la durée de propagation de la grande onde de Krakatau donne une vitesse qui correspond à la profondeur très considérable de 6340 mètres. Sur cette route se trouve donc très probablement un bassin profond, dont l'existence présumée sera bientôt, je l'espère, confirmée par des sondages.

10. Enfin, il convient de mentionner encore un très intéressant résultat de l'étude de la cendre du Krakatau. Cette cendre, en effet, est la première matière dans laquelle ait été établie l'existence simultanée d'un très grand nombre d'espèces de plagioclases. Tandis que dans beaucoup de roches d'origine éruptive on avait déjà soupçonné ou signalé la présence de plusieurs feldspaths tricliniques différents (ordinairement deux), l'examen de la cendre du Krakatau a pour la première fois démontré qu'une même roche peut contenir *tous* les plagioclases — depuis les plus basiques jusqu'aux plus acides. Un peu de sanidine s'y joint encore. Tous ces feldspaths sont ici des

produits de la première cristallisation, car la seconde cristallisation fut empêchée par le refroidissement et la solidification brusques du magma fondu.

La théorie des feldspaths proposée par M. TSCHERMAK trouve dans cette association de plagioclases, dont la densité décroît depuis celle de l'anorthite pure jusqu'à celle de l'albite pure, un nouvel appui.

Ce que l'état d'isolement des cristaux rendait facile à constater dans notre cendre, nous pouvons, selon toute probabilité, l'étendre à beaucoup d'andésites compactes et même à un grand nombre d'autres roches éruptives; nous pouvons admettre que parmi les grands cristaux de feldspath de ces roches il y a des espèces très distinctes, qui diffèrent en densité et par conséquent aussi sous le rapport de la composition chimique.

Si, sur deux axes rectangulaires, on porte comme abscisses les poids spécifiques, et comme ordonnées les quantités correspondantes de plagioclase qu'une roche renferme, on obtient un certain nombre de points, dont la réunion forme une courbe, à laquelle peut être donné le nom de „Courbe des feldspaths" de la roche. Pour les différentes roches acides et basiques cette courbe doit naturellement avoir une forme très différente. Une tâche nouvelle et importante s'impose aux pétrographes: déterminer la courbe des feldspaths des principales roches éruptives.

BUITENZORG, le 1er Mai 1885.

R. D. M. VERBEEK.

TABLE SOMMAIRE DES MATIERES.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIERES.

p. xvii-xxiv [illegible] p. xxxii.

PAGES.

PAGES.

PAGES.

PAGES.

ERRATA.

Page	Ligne	Au lieu de:	Lisez:
2	1	a	à
2	21	avaient	avait
3	dernière ligne	1683	1883
6	11 et 12	105° 26	105° 26′ 36″
7	9	débouche	débouchait
13	28	Lamonga nseul	Lamongan seul
18	1	lui-méme	lui-même
22	21	recrouvrant	recouvrant
28	21	eu	en
31	24	11 en 12	11 et 12
36	29	dan	dans
46	4	nouveaux	nouveau
46	10	derrièrre	derrière
46	13	rélation	relation
48	dernière ligne	interressants	intéressants
52	dernière ligne	soiréee	soirée
54	18	devasté	dévasté
56	30	porte	porta
57	22	dan	dans
61	16	Mengala	Menggala
64	17	Qeulques	Quelques
73	2	mats	mâts
79	1	ains	ainsi
82	19	10	18
83	6	l'Oues	l'Ouest
87	14	au	aux
87	20	royale	royal
99	1	assnmed	assumed
99	5	occured	occurred
99	38	on	one
101	34	s'abbattaient	s'abattaient

Page	Ligne	Au lieu de:	Lisez:
102	2	plagnait	plaignait
107	8	vulcan	volcan
108	33	Perry	Perrey
157	31	répendue	répandue
168	5	jusqu'aux $^{1}/_{2}$	jusqu'à la moitié
186	10	mâclées	maclées
188	8, et jusqu'à		
la page 303, partout où se trouve: mâcle			macle
191	31	hydraté	hydrate
197	22	avec l'eau	avec de l'eau
205	27	criblé	criblée
211	6	précipité	précipités
211	21	enfin	afin
213	19	au	aux
240	32	le	la
261	30	deétrmination	détermination
277	24	se	ce
281	25	diochroïsme	dichroïsme
287	32	au	ou
315	30	Ca SO	$Ca\,SO_4$
324	32	microline	microcline
326	15	du	dû
336	3	contenue	continue
339	25	sinple	simple
381	19	qui	que
383	10 et 11	de de	de
386	dernière ligne	h 33ᵐ	9ʰ 33ᵐ
398	14	Russel	Russell
400	18	questions	question
408	21	dresse	dressa
417	10	ed	de
423	15	September	Septembre
434	17	dans	données dans
457	2	p'as	pas
533	17	531	351

Dans les dessins des courbes marégraphiques de Tandjong Priok et de Port-Elisabeth (fig. 9 et fig. 40) quelques chiffres doivent être remplacés par ceux qui sont donnés dans le texte.

I.

KRAKATAU AVANT LE MOIS DE MAI 1883.

La plupart de ceux qui ont fait le voyage d'Europe aux Indes, au bon temps jadis par voilier ou plus tard par le paquebot Néerlandais, se souviendront de Krakatau, comme de l'un des premiers points qu'ils contemplèrent de l'Insulinde tant célébrée.

Krakatau, en effet, est une des nombreuses îles dispersées dans le détroit de la Sonde, canal qui unit la mer de Java à l'Océan Indien et sépare les deux grandes îles de Sumatra et de Java. Comme un cône escarpé, l'île s'élève directement de la mer, et à sa forme, qui au côté Sud est beaucoup plus abrupte en haut qu'en bas, on reconnaît déjà de loin que la montagne est un volcan.

Depuis longtemps, du reste, la nature volcanique de l'île était connue. VOGEL, dans son »*Ost-Indianische Reise Beschreibung*" (**1**), parle d'une éruption, qui doit avoir eu lieu en Mai 1680. Une première fois il avait passé le détroit au mois de Juillet 1679, dans la traversée des Pays-Bas à Batavia, et une seconde fois en Septembre de la même année, allant à Sumatra. A ce moment, Krakatau paraît n'avoir encore rien présenté de particulièrement remarquable; au moins, dans la description de VOGEL, il n'est fait aucune mention de l'île. Mais au commencement de 1681, s'étant rendu de Salida — où il était employé d'une mine exploitée à cette époque par la Compagnie des Indes-Orientales — à Batavia, pour y suivre un traitement médical, il écrit: »Le 26 Janvier 1681 nous

(¹) Voir les »Notes" à la fin de la 1ère partie.

mîmes à la voile par un vent d'Est favorable.... et arrivâmes, le 1er Février, la Grâce Divine aidant, à l'entrée du détroit de la Sonde, où je vis avec surprise que l'île de Cracketovv, qui lors de mon voyage à Sumatra apparaissait encore toute verdoyante et parée d'arbres, s'offrait maintenant à nos regards entièrement brûlée et aride, et projetant en quatre points de grands blocs incandescents.

Lorsque je m'informai auprès du capitaine du navire à quelle époque cette île avait fait éruption, il m'apprit que cela avait eu lieu en Mai 1680, juste à son retour d'un voyage au Bengale; qu'il avait essuyé une forte tempête, et ressenti en mer, à la distance d'environ 10 milles de l'île, un tremblement de terre, suivi de détonations et de craquements épouvantables, ce qui lui avait fait soupçonner qu'une île ou une partie de terre quelconque devait s'être crevassée; peu de temps après, le navire s'étant un peu rapproché de la terre et étant arrivé près du détroit de la Sonde, il avait reconnu que la susdite île de Cracketovv s'était déchirée et que ses présomptions ne l'avaient pas trompé, car lui et tout l'équipage avaient très distinctement senti une forte odeur de soufre, et les matelots, à l'aide de leurs seillots, avaient retiré de la mer, et recueilli comme rareté, les pierres que l'éruption de l'île y avaient lancées, pierres qui ressemblaient entièrement à de la ponce et étaient très légères; il m'en montra un fragment un peu plus gros que le poing."

En Novembre 1681 il retourna à Sumatra, et dans sa description de ce voyage nous trouvons inséré le journal du greffier des mines Elias Hesse; celui-ci, parlant de l'île, dit seulement: »l'île de Cracatau, qui s'est embrasée il y a environ un an, est également (c'est-a-dire, comme l'île de Sebesi) inhabitée." C'est sans doute de Vogel que Hesse aura entendu le récit de l'éruption.

Enfin, Vogel repassa encore le détroit de la Sonde au mois d'Octobre 1687, en allant à Batavia, et pour la dernière fois en Décembre de la même année, à son retour vers les Pays-Bas. Mais la relation d'aucun de ces deux voyages ne contient rien d'intéressant au sujet de Krakatau.

Il résulte des recherches de M. van den Berg, à Batavia (2), qui a bien voulu se donner la peine de compulser le *Dagregister van het Kasteel Batavia* (Journal du château de Batavia) des années 1679, 1680 et 1681, que réellement, le 12 Juin 1680, le navire *Aerdenburgh* arriva du Bengale en rade de Batavia, de sorte qu'on ne peut guère douter de l'authenticité du récit suivant lequel le capitaine du bâtiment, qui transporta Vogel en Février 1681, aurait assisté en personne à l'éruption du mois de Mai 1680.

Cependant, il est inexplicable que, suivant M. van den Berg, le *Dagregister* ne fasse nulle part la moindre mention de cette éruption, pas même parmi les nouvelles apportées du Bengale par l'*Aerdenburgh*, bien que d'habitude les faits les plus insignifiants fussent inscrits au *Dagregister*. M. van den Berg en conclut, et je partage entièrement son avis, que l'éruption de 1680 ne doit pas avoir eu grande importance. Quant à l'assertion de Vogel, que lui-même, au mois de Février 1681, aurait encore vu éjaculer des pierres incandescentes, l'exactitude en est sujette à caution.

En Novembre 1680, du moins, le chirurgien Christophe Frike passa le détroit (3) sans y rien découvrir d'extraordinaire. Mais, les navires n'auront pas toujours longé Krakatau d'assez près, pour avoir pu bien observer l'île; d'ailleurs, durant les éruptions, le volcan aura probablement presque toujours été enveloppé de brouillards ou de nuages de fines cendres. Je ne trouve donc rien d'absolument impossible à ce que les éruptions de 1680 se soient succédé par intervalles jusqu'au commencement de 1681, et à ce que, par conséquent, le rapport de Vogel soit conforme à la vérité. Mais, il n'en reste pas moins difficile à comprendre que personne, excepté Vogel, n'ait fait mention de ces éruptions.

La relation que Vogel nous a laissée de l'éruption de 1680 a été reproduite par Leop. von Buch dans sa: *Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln*; de cet ouvrage elle a passé dans celui de H. Berghaus, *Länder und Völkerkunde*, et ensuite dans le *Java* de Junghuhn.

De 1680 ou 1681 jusqu'en 1683 le volcan paraît être resté à

l'état de repos; aucune information d'éruptions plus récentes ne nous est parvenue. Sauf une coulée de lave nue, à l'extrémité Nord, l'île était entièrement couverte d'une végétation luxuriante, et l'opinion générale la rangeait dans ce groupe de volcans inoffensifs, qu'on appelle ordinairement, »éteints." Combien peu l'on doit s'y fier, et combien, pour quelques-uns d'entre eux, il est inexact de les regarder comme »ayant entièrement épuisé leur action", c'est ce que le Vésuve, en l'an 79, et maintenant Krakatau, n'ont que trop clairement démontré.

De même que les marins ont, par corruption, changé le nom de Sebesi en »Slebezee", de même, de Rakáta ils ont fait »Krakatau." Ce dernier nom, qui déjà antérieurement était plus connu que Rakáta, s'est tellement vulgarisé depuis la dernière éruption, que je m'y tiendrai dans cet écrit, d'autant plus que Rakáta même paraît être une forme déjà altérée (**1**). Je n'ai conservé ce nom qu'à la cime la plus élevée, au pic proprement dit. Ce qu'il faut désapprouver, toutefois, c'est que, poussant la corruption encore plus loin, quelques-uns, au lieu de la forme connue Krakatau, écrivent Krakataoe, Krakatoa ou Krakatoea, variantes qui ne se laissent justifier par aucune raison plausible.

Le groupe de Krakatau se composait jadis de quatre îles: »Krakatau" proprement dite, de beaucoup la plus étendue et la plus élevée des quatre; »Verlaten-eiland" (1), au N. O. et »Lang-eiland" (2), au N. E. de Krakatau; enfin la petite île »de Poolsche Hoed" (3), à l'Ouest de Lang-eiland (voir nos cartes, fig. 1 et 2).

De Krakatau il n'existait pas de levé détaillé; on ne peut juger de son étendue, de sa situation et de sa configuration que par une couple de croquis de terrain et par les cartes marines hollandaises et anglaises du détroit de la Sonde. En 1849, le capitaine de vaisseau P. J. Buyskes prit, à bord de la frégate royale le *Prince d'Orange*, un croquis de Krakatau vue de l'O. S. O., croquis qui a

(1) L'île déserte.
(2) L'île longue.
(3) Le chapeau de Pologne.

été publié récemment, à échelle agrandie, par M. de Groot, ancien Ingénieur en chef des Mines aux Indes-Néerlandaises (5). Un second croquis de Krakatau et des îles environnantes se trouve dans le *Jaarboek van het Mijnwezen* (Journal des mines) 1881, t. 1; il a été fait par moi, en 1880, du côté N. N. O., de sorte que les deux esquisses, représentant l'île de deux côtés différents, se complètent d'une manière très heureuse. Toutes deux, fig. 29 et 30, font voir qu'on pouvait distinguer à Krakatau trois montagnes ou groupes de montagnes; la partie Sud, le mont Rakáta proprement dit, formait un cône escarpé de plus de 800 mètres d'altitude; à ce cône se reliait, au centre de l'île, le groupe du Danan, composé de plusieurs sommets, qui probablement faisaient partie de l'enceinte annulaire d'un cratère; venait ensuite, au Nord, jusqu'à l'extrémité de l'île, un terrain mamelonné, à différents sommets, réunis sous le nom de Perboewatan. Dans cette partie, il y avait plusieurs coulées de lave à pente assez rapide, dont une est visible sur mon croquis; elles ne présentaient, en 1880, que de très faibles traces de végétation et étaient manifestement au nombre des roches les plus récentes et les moins altérées de l'île. Il est probable que ces coulées de lave du Perboewatan provenaient en partie de la dernière éruption connue, celle de 1680.

En 1854, Master John Richards, commandant du schooner de guerre anglais le *Saracen*, exécuta un levé des îles du groupe de Krakatau. Sa carte a été reproduite, à échelle réduite, par la carte marine anglaise du détroit de la Sonde (6), sur laquelle elle figure en outre comme carton, à échelle plus grande. La carte marine hollandaise de 1874, due au capitaine de vaisseau A. R. Blommendal (7), présente quelques différences avec la carte anglaise, tant par rapport à la configuration des îles, qu'à leur situation relative. D'un nouveau levé de Krakatau, fait après l'éruption du mois d'Août 1883, par le lieutenant de vaisseau M. C. van Doorn, il résulte que Verlaten-eiland et Lang-eiland doivent se trouver, toutes les deux, un peu plus à l'Ouest que ne l'indique la carte marine hollandaise, ce qui s'accorde avec le levé anglais. Mais alors le tracé de l'ancienne côte orientale de Krakatau ne peut pas non plus être exact sur la

carte hollandaise, car si l'on y avançait Lang-eiland vers l'Ouest, la largeur du détroit entre cette île et Krakatau se verrait réduite presque à zéro. Pour cette raison, sur mes cartes, les anciens contours des quatre îles, telles qu'elles étaient jadis, ont été dessinés, à quelques légères modifications près, conformément à la carte de Richards.

Nos cartes fig. 1 et 2 montrent que la plus grande longueur de Krakatau était de 9 kilomètres, la plus grande largeur d'un peu plus de 5 kilomètres, et la superficie d'au moins 33 kilomètres carrés; la hauteur du pic, d'après la carte marine, était de 822 mètres. Pour la situation géographique du pic nous trouvons 105° 26′ Long. E. de Gr. et 6° 8′ 50″ Lat. S., tandis que le cratère du mont Danan doit avoir été situé à environ 105° 26′ Long. E. et 6° 7′ Lat. S. (voir notre carte fig. 4).

Telles sont les principales données topographiques et géographiques qu'on possédait sur Krakatau; il ne reste plus qu'à rappeler ce qu'on savait de sa constitution géologique. La relation de Vogel nous a déjà appris que Krakatau est un volcan, qui en 1680 a eu une éruption, dans laquelle il a vomi beaucoup de pierre ponce. Aucun autre renseignement n'a été donné, autant que j'ai pu m'en assurer, sur les roches dont se composait Krakatau; de sorte que, en abordant l'île au mois de Juillet 1880, je mettais le pied sur un sol presque entièrement inconnu sous le rapport géologique.

Le vapeur l'*Egeron* devant faire ce mois-là, dans l'intérêt du balisage et de l'éclairage de la côte, une excursion au Vlakke-Hoek, je profitai de l'occasion pour visiter ce point et le beau phare qui venait d'y être construit. Au retour vers Batavia, il me fut permis d'exécuter une rapide reconnaissance de quelques-unes des îles du détroit de la Sonde, savoir de Taboean, Krakatau, Brabandshoedje, les Zutphenseilanden et Toppershoedje; comme j'avais déjà, en 1877, à bord du *Singkawang*, vapeur du gouvernement, visité les îles de Seboekoe, de Sebesi et de Lagoendi, je pus maintenant me former une idée générale assez complète de la constitution géologique des îles du détroit. L'*Egeron* avait hâte, toutefois, de regagner Batavia,

de sorte que peu d'heures seulement me furent accordées pour jeter un coup d'oeil sur les îles.

Mes observations sur les îles du groupe de Krakatau ont été consignées dans ma description de la partie Sud de Sumatra (8). Lorsque nous approchâmes de Krakatau par le N. N. O. je fis le croquis fig. 30, qui montre les quatre îles. Ensuite, je me rendis en chaloupe à l'extrémité N. O. de Krakatau, vis-à-vis de Verlaten-eiland, pour y prendre des échantillons de la coulée de lave, qui, en ce point, débouche en mer; de là, j'allai à Lang-eiland, où l'on rencontre une lave gris clair, divisée en plaques presque horizontales et contenant une foule de très jolis petits cristaux de tridymite; enfin je débarquai à Poolsche-Hoedje, où je trouvai des roches vitreuses de couleur foncée, noir verdâtre. L'examen microscopique montra que toutes ces roches sont des modifications d'andésite pyroxénique, très riches en verre, et que la différence d'aspect extérieur provient surtout de la quantité plus ou moins grande de verre qui se trouve entre les cristaux. Leur port est tout autre que celui des andésites augitiques et des rétinites ordinaires des volcans de Sumatra et de Java, et l'analyse chimique y dévoile la présence de 72 à 73 % d'acide silicique, tandis que dans les andésites augitiques ordinaires, elle n'en accuse que 61 %. Elles contiennent, en outre, de l'alumine, de l'oxyde de fer, de la chaux, de la magnésie, de la soude, peu ou point de potasse, et seulement 0.87 à 0.66 % d'eau. Bien que, par l'aspect extérieur, les roches sombres du Poolsche-Hoed donnent l'idée d'une rétinite hydratée, on a donc affaire ici à une obsidienne andésitique de couleur foncée. Aussi, dans l'ouvrage mentionné ci-dessus, j'ai fait observer (pag. 214) que ces roches vitreuses et ces andésites de Krakatau constituent une *exception* parmi les roches volcaniques de Java et de Sumatra.

Le temps me faisant défaut durant le voyage a bord de l'*Egeron*, je ne pus recueillir des roches de la partie Sud de Krakatau, le pic, ni de Verlaten-eiland, et bien moins encore entreprendre une excursion à l'intérieur de Krakatau, excursion que la végétation touffue eût d'ailleurs rendue fort difficile. Je me doutais peu, à ce

moment, que les points où j'avais détaché des échantillons auraient, trois ans plus tard, entièrement disparu!

Lors de l'éruption de l'an dernier, en effet, il s'est produit un effondrement qui, sous le rapport de la grandeur, n'a été égalé par aucun autre dans les temps historiques. Dans cette catastrophe, les roches les plus anciennes furent épargnées en majeure partie; nous devons nous représenter Verlaten-eiland et Lang-eiland comme les sommets émergés d'un ancien bord de cratère, qui devait son origine à l'écroulement d'un grand volcan.

Le pic, presque entièrement composé d'autres roches, a surgi postérieurement, à l'extrémité sud du cratère écroulé; une partie de l'ancien bord dont il vient d'être question se montre au pied du pic. Entre ces îles s'est formée ensuite, par de nouvelles éruptions, la partie nord de Krakatau, laquelle a fini par se réunir au pic. Cette partie la plus récente du volcan a éprouvé des éruptions en 1680 et en 1883, dont la dernière a entraîné l'affaissement de la partie centrale, y compris la moitié nord du pic plus ancien. Krakatau était donc, l'an dernier encore, un volcan pareil à tant d'autres, composé d'un cirque plus ancien et d'une partie centrale plus récente. Celle-ci ayant disparu par effondrement, notre volcan présente aujourd'hui à peu près l'apparence que Santorin (dans l'Archipel Grec) doit avoir eue avant la formation des îles Kaimeni.

II.

ÉRUPTION DU MOIS DE MAI 1883 ET ACTIVITE DU VOLCAN JUSQU'AU 26 AOÛT.

Le Dimanche matin, 20 Mai 1883, les habitants de Batavia, de Buitenzorg et des localités environnantes furent surpris par un bruissement confus, mêlé de détonations, qui ressemblaient à des coups de canon. Le phénomène commença entre 10 et 11 heures du matin (9) et acquit bientôt une telle intensité, que la surprise se changea généralement en inquiétude. Les détonations étaient accompagnées de trépidations du sol, des bâtiments et des objets contenus dans les habitations, mais néanmoins on fut promptement d'accord qu'il ne s'agissait pas d'un tremblement de terre, mais de vibrations atmosphériques. Les appareils de l'Institut météorologique de Batavia n'accusaient aucune déviation magnétique; il est vrai que l'aiguille aimantée suspendue à un fil de cocon (munie d'un miroir à réflexion, indiquant des déviations de 5 secondes) oscillait, mais elle exécutait ces oscillations dans un plan exactement vertical, comme l'aurait fait tout autre barreau, non aimanté. Les trépidations et les vibrations se continuaient aussi beaucoup plus longtemps que ce n'est le cas lors des tremblements de terre, car leur durée dépassait parfois 1 heure; et enfin, des personnes qui s'étaient couchées l'oreille contre terre n'entendirent, même pendant les détonations les plus violentes, absolument aucun bruit souterrain.

Il ne restait donc qu'à rapporter ces vibrations de l'air et ces détonations à une éruption volcanique, et il est étrange qu'on soit

demeuré pendant plus de deux jours dans une incertitude complète quant au point de savoir quel était le volcan en activité. Les détonations semblaient venir, à la vérité, du côté de Krakatau; mais de Sérang, d'Anjer et de Merak, localités situées bien plus près de Krakatau que Batavia, le télégraphe annonçait que ni détonations, ni vibrations atmosphériques n'y étaient perçues. Un voyageur, qu'un navire de guerre allemand avait débarqué, le matin du 20 Mai, à Anjer, où il était resté jusqu'à 1 heure, qui de là s'était mis en route pour Sérang, y était arrivé à $3^h\,{}^1/_2$ et, après une heure d'arrêt, avait continué son voyage vers Tangerang, déclarait également n'avoir rien entendu ni rien senti. Comme en outre le Karang, volcan du Bantam, apparaissait clair et dégagé de fumée, on commençait déjà à soupçonner une éruption des volcans de Sumatra, lorsque, le 22 Mai, arriva le premier télégramme, qui mit hors de doute que c'était bien de Krakatau que partaient les bruits.

Entre-temps, les détonations étaient devenues de plus en plus distinctes à Batavia, et avaient atteint leur maximum de force dans la matinée du 22. D'après les journaux de Batavia, on entendit surtout des détonations aux heures suivantes: le 20 Mai, de 10^h du matin à 1^h de l'après-midi, de $6^h\,{}^3/_4$—8^h du soir, et de $11^h\,{}^1/_2$ à minuit; le 21 Mai, de minuit à 1^h du matin, de 4—5^h, de $7^h\,50^m$ (assez fortes)—9^h du matin, à midi, à 4^h après-midi, à minuit; le 22 Mai, de 3—4^h du matin, de $5^h\,{}^1/_2$ (très violentes, maximum des détonations) à 6^h du matin; après cela, on n'entendit plus que des grondements plus faibles, dont les derniers dans la nuit du 22 au 23 Mai, de minuit à 1 heure.

A Buitenzorg les détonations commencèrent le Dimanche à 11 heures du matin (9^a), et se succédèrent par intervalles jusqu'au 22 Mai.

A Tangerang les bruits se manifestèrent vers la même heure, continuèrent jusqu'à $3^h\,{}^1/_2$ et se firent de nouveau entendre le soir, de $6\,{}^1/_2$—7 heures (9^b). A Poerwakarta, chef-lieu de la résidence de Krawang, on perçut également les bruits, tandis que rien ne fut entendu à Krawang, localité voisine. Sur les côtes du détroit de la Sonde, les bruits et les vibrations furent perçus en différents points,

mais *non* à Anjer ni à Merak. A Ketimbang, le 20, à 10^h du matin, on vit une colonne de fumée dans la direction de Krakatau; cette île n'était pas visible, Sebesi et Seboekoe ne l'étaient que très faiblement. De $6^1/_2$—9 heures du soir on entendit comme des coups de canon et des roulements de tonnerre, qui se renouvelèrent de minuit á 1^h $^1/_2$ du matin (21 Mai), et encore de 8—$9^1/_2$ heures du matin; de 10^h à midi (21 Mai), il tomba de la cendre à Ketimbang (**9c**). Des pêcheurs de Tjerita, au nord de Tjaringin, n'osèrent pas mettre à la voile le lundi matin (21 Mai), parce que des bruits violents et insolites se faisaient entendre, et qu'un gros nuage planait au-dessus de Krakatau. Des vibrations furent ressenties à Tjaringin dans la nuit du Dimanche au Lundi, et on y entendit aussi des détonations, dans la nuit du Lundi au Mardi, ainsi que le Mercredi. Les détonations furent également entendues à Madja dans le district de Sadjira (au Sud de Tjikandi) les 20, 21 et 22, à différentes heures, pour la première fois le 20, à 11 heures du matin (**9d**).

La plupart des renseignements s'accordent en ce point, que les détonations ne pouvaient être mieux comparées qu'à des coups de canon, et que des vibrations atmosphériques les accompagnaient presque toujours (**10**).

D'informations postérieures, il ressort encore que les détonations ont été entendues du 21—23 Mai à Bandar (**10a**) et à Moeara Doea, à l'intérieur de la résidence de Palembang; le 23 au chef-lieu Palembang (**11**), et du 21—23 Mai en différents lieux du district de Kauer, résidence de Benkoelen (**12**), respectivement à des distances de 320, 230, 350 et 270 kilomètres de Krakatau, tandis que Batavia et Buitenzorg sont à 150 kilomètres du volcan. Il paraît même que les détonations ont été entendues jusqu'à Singapore (**13**) (à 835 kilomètres de Krakatau).

Dans la direction de l'Est, le son, lors de l'éruption du mois de Mai, ne parâit pas s'être propagé plus loin que jusqu'à Poerwakarta, à 225 kilomètres de Krakatau; mais des vibrations atmosphériques moins rapides, se communiquant aux maisons et aux objets qui s'y trouvent, doivent, dès lors, avoir été observées à Semarang. Dans

cette localité on a distinctement perçu, le 20 et le 21 Mai, le battement et le cliquetis des fenêtres mal fermées, tandis qu'aucun son proprement dit n'y a été entendu (**14**). La nouvelle qu'à Soerabaja, dans le poste observatoire pour les signaux horaires, près de l'Oedjoeng, l'horloge astronomique se serait arrêtée, et que les aiguilles de tous les chronomètres auraient tressauté (**15**), cette nouvelle était complètement inexacte, ainsi que je m'en suis assuré par des informations directes (**15a**).

A une demande de renseignements au sujet du phénomène volcanique, que le Gouvernement avait adressée à ses fonctionnaires, il fut répondu, les 21 et 22 Mai, par le Gouverneur de la côte Ouest de Sumatra et par les Résidents de Palembang, de Benkoelen et de Bantam, que chez eux on n'avait rien remarqué d'extraordinaire. A Teloeq Betoeng on ne savait pas non plus quel volcan avait eu une éruption, quoique, le 21 et le 22 Mai, une pluie de cendres y fût tombée. Mais, dès le même jour, on télégraphia de Sérang que le Dimanche matin (20 Mai) des phénomènes volcaniques avaient été observés à Krakatau, par le navire Américain *A. R. Thomas* (on ne mentionnait pas le nom du commandant) arrivé à Anjer. Le pont avait été recouvert d'une couche de cendres épaisse de 1 pouce $^1/_2$; des bruits souterrains (?) avaient été entendus, et du sommet de la montagne on avait vu s'élever des nuages de fumée. Les mêmes phénomènes avaient aussi été observés par des pêcheurs (**16**). Le Résident des districts de Lampong manda également, le 22, qu'arrivé à Ketimbang il s'était assuré que le mont Roewatan (Perboewatan), dans l'île de Krakatau, avait été en activité depuis le Dimanche matin; on avait entendu des roulements, de temps en temps accompagnés d'un autre bruit, tout pareil à des coups de canon (**17**). Le lendemain, le Résident de Bantam fit savoir que le djoeragan ABDOEL WAHAB, mouillé, le Dimanche matin, à proximité de Krakatau, avait vu le cratère septentrional de l'île en éruption jusqu'à environ 10 heures du matin (le *Java-Bode* du 24 Mai dit de 6 á 10 heures du matin): le cratère lançait beaucoup de feu et de fumée, ce qui eut lieu aussi le soir du même jour; ces émissions étaient

accompagnées de bruits comparables à des coups de canon, ou au bruit des chaînes d'une ancre qu'on relève. Le soir du 22, on avait vu, à Anjer, du feu dans la direction de Krakatau, á Sérang rien qu'un nuage de fumée; mais de bruits ou de vibrations, il n'était toujours pas question dans ces localités (**18** et **19**). Près de Noord-eiland, au Sud de l'île de Noordwachter, le capitaine MEICKLE, du navire *Hallgerda*, avait perçu des bruits souterrains (?), tandis que dans la direction de Krakatau, le ciel était d'un gris de cendre (**20**). Une grande colonne de fumée, illuminée de temps en temps par des éclairs, fut observée, le soir du 22, à kampoeng Makasser, à 21 kilomètres au Sud de Batavia (**21**).

Ainsi donc, après un repos de plus de 200 ans, la paisible île de Krakatau, inhabitée et couverte d'épaisses forêts, s'était réveillée soudainement; il est digne de remarque, en effet, que l'éruption ne se soit annoncée que très imparfaitement. Cette année-là, du mois de Janvier au mois de Mai, il n'y avait eu, dans tout l'archipel, que 14 tremblements de terre, dont 4 dans sa partie orientale et 7 à Sumatra. Dans le détroit de la Sonde, on a signalé des tremblements de terre à Ketimbang, dans la nuit du 15 au 16 Mai et, à plusieurs reprises, entre le 15 et le 20 Mai (**21a**); une légère secousse à Anjer le 17 Mai, á 10^{h} 25^{m} du soir (**22**); enfin, dans la nuit du 9 au 10 Mai, un peu avant minuit, une secousse à Java's 1ste punt (**23**); mais, comme ce dernier point est très sujet aux tremblements de terre, et que les secousses avaient d'ailleurs été faibles, elles n'auraient certainement pas suffi pour pronostiquer une éruption, quand même la nouvelle en eût été connue à Batavia avant la date du 20 Mai. De même les volcans de l'Archipel étaient aussi restés assez calmes, le Lamonga nseul avait vomi, les 13 et 14 Avril, de la cendre et des pierres incandescentes (**24**).

Outre les nouvelles reçues du *Thomas* et du bâtiment indigène sur lequel se trouvait le djoeragan ABBOEL WAHAB, nous possédons encore des renseignements fournis par 5 navires qui passèrent le détroit de la Sonde, entre le 20 et le 23 Mai.

Le vapeur le *Zeeland* avait quitté Batavia le 20 au matin, en

destination pour la Neérlande, par Padang. Le soir, a 6 heures, le navire se trouvant entre Sebesi et Krakatau, on vit au-dessus de l'île un nuage noir, que sillonnaient incessamment des éclairs, accompagnés d'un crépitement continu, semblable à celui d'un feu de mitrailleuses; la foudre ne tombait pas sur la terre, mais restait dans le nuage. L'aiguille de la boussole oscillait constamment et présentait une déviation de 12°. A cela succéda une pluie épaisse de cendres et de pierres. Une des deux relations mentionne, en outre qu'autour et près de Krakatau l'eau montait jusqu'au ciel, comme si elle eût été soulevée en trombes. Vu qu'à ce moment il faisait déjà presque nuit, et que l'autre relation ne parle pas de ce phénomène assurément remarquable, il est bien possible qu'on ait été dupe d'une illusion d'optique. »Jusqu'au ciel", en tout cas, les flots ne se seront probablement pas élevés (**25** et **26**).

Sur le *Soenda*, qui, parti de Batavia le 22 Mai, se trouva entre 8 et 10 heures du soir près de Krakatau, l'activité du volcan fut également observée. Le Dr. D. Sulzer, médicin du bord, fait mention de fréquents éclairs dans la partie supérieure du nuage, éclairs qui, des nuages atmosphériques, convergeaient vers la colonne de fumée; mais, chose singulière, les aiguilles aimantées ne bougèrent pas, ce qui est en contradiction complète avec l'observation du *Zeeland*. Du pied de la colonne de fumée, qui s'élevait au-dessus du cratère vis-à-vis de Verlaten-eiland, s'élancèrent, à de courts intervalles, dix à quinze gerbes de feu, de couleur rouge sombre (probablement des jets de cendre incandescente Verb.), auxquelles succédèrent des détonations plus ou moins violentes, semblables au fracas du canon, et qui firent même légèrement vibrer le navire. A sept milles au-delà de Krakatau il tomba, pendant une demi-heure, une abondante pluie de cendres; à 10 milles de Krakatau on rencontra, flottant sur l'eau, des fragments de pierre ponce, et à 20 milles plus loin encore, donc à 30 milles de Krakatau (environ au Sud de la grande île de Taboean, dans la baie de Semangka Verb.) les fragments formaient une couche si épaisse, qu'un petit seillot, qu'on descendit à la mer, en fut retiré tout rempli de ponce et ne contenant presque pas d'eau (**27** et **28**).

Le vapeur l'*Archer* du *Queensland Royal Mail Line*, capitaine Graingir, en route pour Batavia, rencontra également, le 22 Mai, à 5^h 35^m du soir, ce champ flottant de ponces, à 6° 6′ Lat. S. et 104° 51′ Long. E.; donc exactement à la place indiquée par le Dr. Sulzer, qui ne l'atteignit, avec le *Soenda*, que quelques heures plus tard. L'*Archer* avait déjà eu, à l'Ouest du Vlakke Hoek, de 6^h 30^m du matin à 1 heure de l'après-midi, une pluie de poussière fine (pluie de cendres); le navire resta dans ce nuage depuis 5° 55′ Lat. S. et 103° Long. E. jusqu'à 6° 5′ Lat. S. et 104° 10′ Long. E. Au-dessus de Krakatau montait un nuage sombre, sillonné de fréquents éclairs (**29** et **30**).

Le 23 Mai, le paquebot Néerlandais le *Conrad*, qui avait déjà subi à la hauteur de Benkoelen une pluie de cendres, arriva près du champ de ponces; à 1^h $^1/_2$ de l'après-midi on se trouva en vue de la pointe Sud de Krakatau; et à 7 heures du soir, au voisinage de l'île, on fut très incommodé par une pluie épaisse de cendres et par des vapeurs de soufre. A quelque distance on voyait la fumée noire coupée net, comme si elle était arrêtée contre un mur, par la mousson de l'Est, tandis qu'à l'Ouest la cendre s'étendait à perte de vue. La température, qui à l'intérieur du nuage de cendres était de 38° Cels., descendit, aussitôt qu'on en fut sorti, à 30° Cels., différence très notable, comme on le voit. Le navire arriva à Batavia le 24 Mai (**31**).

Dans les premiers jours après l'éruption, le vent paraît avoir soufflé principalement du Sud-Est (mousson de l'Est); on a appris qu'à Moeara Doea, dès le 22, dans l'après-midi, on voyait tourbillonner dans l'air de fines particules de poussière, qui ressemblaient beaucoup à de la terre de pipe (**32**); et d'une autre communication il résulte que du 21 au 23 Mai il tomba également de la cendre dans le district de Kroë, cendre parfois si épaisse, que le soleil en était obscurci (**33**).

La dernière relation n'est certainement pas la moins intéressante. La corvette allemande l'*Elisabeth*, commandant Hollmann, après une station de 2 ans en Chine et au Japon, arriva de Singapore, le 20 Mai à 5 heures du matin, en rade d'Anjer; y fit de l'eau et des provisions, descendit à terre M. Herbing, — qui était allé de

Batavia à Singapore pour y rencontrer son frère, l'un des officiers de l'*Elisabeth*, — puis, le 20 Mai, à 9 heures précises du matin, continua sa route vers l'Europe, par le cap de Bonne-Espérance (**33**ª). Du bord on vit bientôt, au-dessus de l'île de Krakatau, s'élever avec beaucoup de rapidité une blanche colonne de vapeur, au sein de laquelle montaient aussi des nuages sombres. La hauteur de ce nuage de vapeur et de cendres, d'après les mesures effectuées, atteignait 11000 mètres. Bientôt survint une pluie d'une cendre très fine gris clair un peu jaunâtre, qui pénétrait partout, et qui continua à tomber jusque dans la nuit du 21 au 22 Mai. Le matin du 21, la clarté était celle qui règne pendant une éclipse de soleil; le ciel présentait l'aspect d'un grand dôme de verre opalin très mat, où le soleil semblait un globe bleu-pâle suspendu à la voûte. Une chute de cendres fut encore observée à 75 milles allemands (300 milles marins) de Krakatau; le 22 Mai, le ciel était toujours très couvert dans toute son étendue, mais la pluie de cendres avait cessé.

Ce témoignage de l'*Elisabeth* est précieux, d'abord en ce qu'il fournit la description, sinon de la première, au moins de l'une des premières éruptions importantes de Krakatau; en second lieu parce qu'on y trouve l'indication de la hauteur du nuage, ce qui nous permet d'estimer, au moins avec quelque degré de probabilité, la hauteur à laquelle les produits éruptifs ont été projetés en Août, alors que les éruptions et les détonations étaient beaucoup plus violentes qu'au mois de Mai. Si le chiffre de 11000 mètres est peut-être un peu inexact, nous pouvons cependant hardiment évaluer la hauteur à 10 kilomètres. En troisième lieu, il est très remarquable que, dès le 21 Mai, l'*Elisabeth* ait observé, à travers les particules de cendre du Krakatau, un soleil de couleur bleue, c'est-à-dire de la même teinte qui, après l'éruption du mois d'Août, a été vue à Ceylan, aux Indes-Britanniques, à Paramaribo et en une foule d'autres endroits; phénomène qui a donné lieu, parmi les savants, à des explications si diverses. Dans les »Notes", j'ai reproduit l'intéressant récit de M. Heim, prédicateur à bord de l'*Elisabeth*, et un rapport plus sommaire du commandant Hollmann (**34** et **34**ª).

A la suite des nouvelles apportées par les navires venant du détroit de la Sonde, l'intérêt excité par l'éruption de Krakatau devint tellement vif à Batavia, que l'administration des paquebots Indo-néerlandais mit le *Gouverneur-Generaal Loudon* à la disposition de ceux qui désiraient visiter l'île. Ce bâtiment, chargé de 86 passagers, quitta Batavia le 26 (Samedi) à 5 heures du soir, et arriva à Krakatau le 27 au matin. Cette nuit-là, il y eut des tremblements de terre dans le détroit de la Sonde. A Teloeq Betoeng, à trois heures et demie (donc le 27 Mai à 3^h 30^m du matin), on sentit une secousse horizontale, qui dura environ 15 secondes (**35**); à Tjaringin on éprouva deux secousses, l'une à 2^h, l'autre à 3^h 55^m du matin; cette dernière fut également ressentie à Pandeglang (**36**); à Java's 1ste Punt il y eut trois commotions assez fortes, à 3^h 30^m, 4^h 2^m et 4^h 20^m du matin; le phare toutefois ne fut pas endommagé (**37**). Au phare du Vlakke-Hoek on observa deux ébranlements, le premier, assez fort, à 4^h du matin, le second vers 4^h 30^m (**37a**). Une secousse verticale se fit sentir le 27 à Painan (côte Ouest de Sumatra), mais seulement le *soir*, á 5 heures (**38**); elle n'était donc pas en relation directe avec les secousses du détroit de la Sonde.

Le *Loudon* resta à l'ancre jusqu'au Dimanche soir, afin de permettre aux passagers de visiter le cratère, et rentra à Batavia le 28 au matin. Cette petite expédition nous a valu non seulement quelques descriptions de Krakatau, mais aussi des photographies, exécutées par M. Hamburg, de Batavia. Le jour même du retour, 28 Mai, les journaux de Batavia publièrent des relations du voyage (**39**); la plus détaillée est celle que donna l'*Algemeen Dagblad*. De ces divers renseignements, et d'autres encore, qui m'ont été communiqués de vive voix, je croix pouvoir conclure, en les rapprochant des croquis et des photographies, que la situation et la forme du cratère étaient environ telles que je les ai représentées sur la grande carte de Krakatau fig. 1. Le cratère du Perboewatan paraît avoir été entouré en différents points par de hautes parois de coulées de lave, probablement formées en partie dans l'année 1680, et qui s'élevaient tout au plus à 100 mètres au-dessus du niveau de la

mer, le cratère lui-même se trouvait à 40 ou 50 mètres plus bas, dans une excavation en forme de bassin ou de fer à cheval, ouverte du côté nord.

Une grande partie de Krakatau et de Verlaten-eiland était déjà couverte de cendres et dépouillée de verdure, tandis que de beaux arbres, n'ayant que très peu souffert des cendres, ornaient encore le pic, le Poolsche-Hoed et Lang-eiland. On ne recontra pas d'habitants, quelques Lampongais, qui, le 20 Mai, se trouvaient passagèrement à Krakatau pour y recueillir des produits forestiers, avaient déjà été emmenés de l'île, antérieurement à la visite du *Loudon* (**40** et **40**ᵃ).

M. l'ingénieur des mines J. A. Schuurman, qui fit partie de l'expédition, en a donné le récit suivant. Je n'ai pas d'observations personelles à communiquer sur l'éruption, vu qu'à cette époque j'étais en Europe.

»Vers minuit, arrivés à la hauteur d'Anjer, nous aperçûmes à »l'horizon, dans la direction de l'île de Rakata, une clarté rougeâtre »intermittente, qui témoignait de l'activité du volcan. C'était une »lueur d'embrasement, qui apparaissait toutes les 5 à 10 minutes, »pour quelques instants seulement, et d'où tombait une pluie de feu.

»Le Dimanche 27 Mai, à la pointe du jour, le vapeur se trouva »à quelques milles de distance, au nord, du but de notre voyage. »L'île de Rakata se compose du pic, montagne qui du côté sud »s'élance rapidement à une altitude de 822 mètres, d'un groupe »montagneux central beaucoup moins élevé, et d'une partie nord »dont la surface relativement peu accidentée porte un sommet haut »d'environ 100 mètres, le mont Perboewatan, le volcan actuellement »en activité.

»Etrange était l'aspect de l'île, qui, au lieu de la luxuriante »végétation tropicale, ne présentait plus qu'un sol aride et nu, d'où »montait une fumée »comme la fumée d'une fournaise."

»Le pic seul montrait encore de la verdure, mais le versant septen»trional, peu accidenté, était enseveli sous une épaisse couche de cendres grises, d'où sortaient çà et là quelques rares troncs d'arbres

»dépouillés de branches et de feuilles, maigres restes de la forêt »impénétrable qui couvrait l'île tout récemment encore. Au milieu »de ce paysage sombre et désolé, se détachant sur la mer comme »l'image de la destruction la plus complète, se dressait avec une »splendeur indescriptible une puissante colonne de fumée; large à sa »base de plusieurs dizaines de mètres, cette colonne s'élançait avec »un fracas de tonnerre, en s'épanouissant et en tourbillonnant, jusqu'à »une hauteur de 1000 à 1200 mètres, puis elle s'élevait encore à 2 »ou 3000 mètres plus haut, pâlissant de plus en plus et abandonnant »au vent d'Est la cendre dont elle était chargée et qui, retombant »sous la forme d'un brouillard noirâtre, constituait le fond du »tableau.

»L'esprit se sentait confondu devant cet imposant spectacle, qui »lui imprimait avec une force irrésistible la pensée de la lutte »furieuse à laquelle se livraient les éléments et dont la colonne de »fumée noire, passant au blanc argenté à mesure qu'elle montait, »n'était que le faible indice. Il s'écoula un temps assez long avant »que la stupéfaction causée par cette scène grandiose fut un peu »dissipée et que l'attention, fatiguée de vouloir embrasser l'ensemble, »pût se concentrer sur un point unique; mais, à ce moment, la »colonne de fumée offrait, dans ses phases toujours changeantes et »jamais répétées, le coup d'oeil le plus saisissant. Bien que s'élevant »sans interruption, elle était, toutes les 5 à 10 minutes, considéra»blement élargie à son pied par une exhalation de nuages de fumée »exceptionnellement puissante, et qu'annonçait un bruit épouvantable; »pendant ces éruptions périodiques, la fumée de couleur sombre était »expulsée avec plus de rapidité qu'à l'ordinaire, et laissait tomber, »à la hauteur d'environ 200 mètres, une pluie de pierres, qui, vues »du navire, semblaient des points noirs se mouvant dans l'air. C'est »alors aussi que ces sombres nuages de fumée, même pendant le »jour, présentaient parfois une lueur rougeâtre; la nuit ils prenaient »l'aspect de flammes rouges, tandis que la pluie de pierres, à »peine visible de jour, se changeait en pluie de feu: phénomènes »qu'il faut expliquer sans doute par le reflet, sur les nuages de

»fumée, des matières en ignition contenues dans le cratère, et par »l'état d'incandescence des pierres éjaculées.

»Un éclair isolé, traversant la colonne de fumée, fut la seule »manifestation d'activité électrique.

»Outre l'île de Rakata, l'île voisine Verlaten-eiland avait aussi »souffert de l'éruption. Elle avait conservé ses arbres, mais ils »étaient dépouillés de leurs feuilles, ce qui, joint à l'épaisse couche »de cendres grises dont l'île était couverte, donnait l'idée d'un »paysage boisé vu en hiver. La pluie de cendres était également »tombée sur Lang-eiland et sur l'ilôt de Poolsche-Hoed, toutefois en »quantité beaucoup moindre, car la verdure n'y avait pas disparu.

»A mes souvenirs de la visite à l'île de Krakatau même, visite »pour laquelle le commandant du *Loudon*, M. Lindeman, mit obli-»geamment à notre disposition la chaloupe à vapeur et le canot, »j'emprunte ce qui suit. Longeant la côte nord de l'île, dont une »partie est rocheuse et escarpée, nous abordâmes à un point, où »la côte s'abaissait en une large plage. Cette plage elle-même n'offrait »rien de particulier, mais à partir de la ligne que la mer atteignait »lors du flux, l'île était couverte de fine cendre grise. Le flux et le »reflux avaient découpé le long de cette ligne un profil, le seul que »nous rencontrâmes, des produits de l'éruption, et ce profil révélait »que, si au premier abord l'île semblait ensevelie uniquement sous »des cendres, cette matière n'était pourtant pas la seule que le »volcan eût rejetée et lancée jusqu'au rivage. Sur le sable blanc, »qui constituait la plage proprement dite, reposait un banc de ponces, »d'un pied d'épaisseur, et sur ces ponces était tombée la cendre, »formant une couche de 2 pieds; çà et là seulement on trouvait dans »cette masse de déjections volcaniques, épaisse de trois pieds, quelques »fragments d'une autre nature, sur lesquels je reviendrai plus loin.

»La cendre, qui semblait répandue légèrement, s'était en réalité »assez tassée pour pouvoir nous porter; en y posant le pied, on »reconnut qu'il ne s'enfonçait que jusqu'à la cheville, et dès lors »toute objection à une excursion à l'intérieur de l'île se trouvait »écartée. Suivant la trace des plus courageux, peut-être aussi des

»plus étourdis, nous gravîmes les monticules dénudés, ce qui ne »présentait pas d'autre obstacle que les cendres incohérentes, cédant »sous nos pas. La route suivie passa d'abord sur une colline, où l'on »voyait encore, émergeant de la cendre, quelques tronçons d'arbres, »dépouillés, brisés, à peu de mètres de hauteur et montrant, par des »signes irrécusables, que les branches en avaient été violemment »arrachées. Le bois était desséché, mais rien n'indiquait qu'il y eût »eu combustion ou carbonisation; en outre, dans la cendre volcanique »on ne trouvait ni feuilles, ni branches, de sorte que le déboisement »de l'île doit probablement être attribué à un tourbillon de vent, »tel que, lors des éruptions volcaniques, il s'en produit fréquemment »au sein des couches atmosphériques dérangées dans leur équilibre »par un échauffement local et excessif.

»Bientôt disparut toute trace de végétation, et l'ascension se con»tinua au milieu des sombres monticules de cendres qui cachaient »la mer à nos regards, sans pouvoir leur dérober la colonne de »fumée, toujours grondante et mugissante. Enfin, la dernière butte gravie, »nous mîmes le pied sur le bord escarpé de la paroi orientale du cratère.

»Là se voyait, creusée dans les cendres, une belle cavité en »forme de bassin, d'un diamètre d'environ 1000 mètres (A. B. fig. »31ª), dont le fond circulaire, situé à une 40aine de mètres plus bas »et pouvant avoir de 150 à 250 mètres de largeur, était affaissé »de quelques métres et couvert d'une croûte noire, un peu luisante. »C'est à travers cette croûte, mais seulement dans un espace cir»culaire large d'une 50aine de mètres (F. G.) et touchant au bord »opposé ou oriental du cratère, que se dégageait, avec un fracas »épouvantable, la puissante colonne de fumée.

»Le croquis fig. 31 représente le plan du cratère, ainsi qu'une »coupe verticale passant par son centre, dans la direction Est-Ouest. »De la station A, la partie G. H. B. I. de la paroi était invisible, à »cause de la pluie de cendres. La partie I. K. était rompue, et »peut-être avait-elle livré passage à un courant de lave; à cet égard »toutefois, vu l'obscurité dans laquelle cette partie était également »plongée, je n'ose rien affirmer.

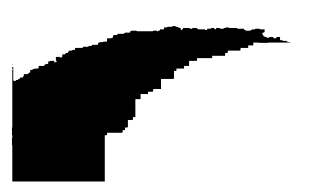
»Les cendres, poussées par le vent, allaient se déposer dans lá »direction de l'ouest, où elles masquaient entièrement la vue, mais »les pierres retombaient tout autour de la colonne de fumée, sur »la croûte de la bouche volcanique et sur les flancs du cratère, où »beaucoup de fragments de ponce gisaient à la surface de la cendre, »tandis que les pierres plus compactes et plus lourdes s'y étaient »enfoncées.

»De lave en fusion aucune trace ne pouvait être distinguée au »point d'éruption, car les nuages de fumée, en sortant de la cheminée »du volcan, étaient complètement opaques et seulement éclairés de »temps en temps d'une lueur rousse, réverbération du contenu »brûlant du cratère.

»La fumée, qui semblait se frayer un passage avec peine, mais »aussi avec une force incomparable, s'échappait en bulles gigantes- »ques, nombreuses et serrées, dont le frottement mutuel déterminait »le mouvement giratoire et tourbillonnant des nuages, dans la partie »inférieure, haute de 1200 mètres, de la colonne de fumée. Ce »n'est qu'aux bords du foyer d'éruption qu'on pouvait observer le »dégagement de vapeur d'eau à travers une quantité de crevasses »et de fissures.

»La croûte recrouvrant la bouche du cratère était, on l'à déjà dit, »de couleur noir foncé, et plus ou moins luisante; elle contrastait »fortement avec la cendre grisâtre qui revêtait la paroi du cratère, »et rappelait involontairement la croûte de refroidissement des scories »de haut-fourneau.

»Pour terminer, je dois encore dire quelques mots des produits »de cette éruption volcanique. Indépendamment de la vapeur d'eau, »élément essentiel de cette colonne de fumée qui, à mesure qu'elle »se débarrassait de son contenu de cendres, se changeait en nuages »*blancs*, il faut citer, parmi les produits gazeux, l'acide sulfureux, »reconnaissable à son odeur, et parmi les matières sublimées, le »soufre, déposé en fine poussière non seulement dans deux petites »solfatares, mais aussi sur la cendre qui couvrait certaines collines, »et à laquelle il communiquait une couleur vert-jaunâtre.



»Parmi les matières solides rejetées par le volcan, la cendre mérite »d'être nommée la première. Elle est de couleur grisâtre, à grains »fins, et se montre, au microscope, essentiellement composée d'un »verre incolore et d'un verre brun, mêlés de petits fragments d'au»gite, de plagioclase, et de magnétite.

»Après la cendre, il faut mentionner, comme produit ayant égale»ment été éjaculé en quantité considérable, la ponce.

»D'après le profil de la plage, la ponce recouvre l'île à la hauteur »d'un pied, et au-dessus d'elle s'étend la couche de cendre, épaisse »de deux pieds. Selon toute apparence, on doit donc voir dans la »ponce le produit de l'éruption durant sa période de plus grande »violence; elle n'a toutefois pas été rejetée exclusivement dans cette »phase, car elle continuait encore à sortir du cratère, comme le »prouvaient les fragments de ponce épars de tous côtés sur la cendre, »fragments qui dépassaient rarement le volume de 0.1 M^3.

»Il me reste à parler des produits qui, tout en ayant été rejetés »avec parcimonie, méritent peut-être, comme représentants peu ou »point modifiés du contenu du cratère, ou plutôt de la croûte recouvrant sa bouche, le plus d'intérêt.

»Dans le bassin du cratère, on voyait çà et là des trous dans la »cendre, trous qui contenaient, à la profondeur de 1 pied à 1 p. $^1/_2$, »un bloc d'une roche volcanique vitreuse verte noirâtre, de la grosseur »de la tête. Ces blocs étaient très fragiles, éclataient au moindre »choc, et indiquaient par là qu'ils se trouvaient dans un état de forte »tension. Au microscope, on constate que cette roche est composée »essentiellement d'une masse vitreuse incolore, dans laquelle, à côté »de quelques cristaux de plagioclase incolore, d'augite verte et de »magnétite noire, se sont isolés de nombreux microlithes, offrant »distinctement une structure fluidale. Cette rétinite ou obsidienne »augitique fut également trouvée sur la plage, en fragments de »diverses grosseurs, dont un était entièrement transformé en ponce »à l'un de ses côtés, tandis qu'à l'autre il avait conservé la structure »vitreuse compacte.

»Outre ces fragments de rétinite, on trouva encore sur la plage

»un morceau de lave noire, légèrement poreuse, que l'examen fit »reconnaître pour une très belle andésite augitique à olivine, un »basalte si l'on veut, et qui au microscope montrait une masse »vitreuse foncée.

»Me voici arrivé à la fin de mon récit. Le soir, vers 8 heures, »nous reprîmes la route de Batavia, sous l'impression profonde, et »pour beaucoup de nous sans doute ineffaçable, du spectacle grandiose »que nous venions de contempler."

Le 27, un bâtiment de la marine royale, le *Sumatra*, steamer à roues de 3ième classe, se dirigea vers le détroit de la Sonde, pour examiner par des sondages l'état des eaux navigables aux alentours de Krakatau (**41**), et, dès le 1er Juin, le Commandant de la Marine put informer le Gouvernement qu'il ne s'était produit aucun exhaussement de sol (**42**).

Au sujet de mouvements de la mer lors de l'éruption du moi de Mai, je n'ai pu trouver que deux indications.

La première est du *Samarang*, hopperbarge des travaux du port de Batavia, commandant Lourens, qui, en route de Batavia vers Merak, éprouva entre les îles de Hoorn et de Maneter, le 20 Mai, de 10^{h} à midi, une forte houle du N. N.-E. et du N.-O.. qui fit émerger à plusieurs reprises l'hélice du bâtiment; avant et après ce temps l'eau avait été assez calme. Le commandant n'avait rien soupçonné d'extraordinaire, jusqu'à ce que, à Batavia, l'idée lui vint que cette houle pouvait bien avoir été en rapport avec l'éruption, dont il n'avait rien entendu pendant son voyage (**43**, **44** et **45**).

Le balancement de la mer ne peut toutefois avoir été très considérable, car la courbe du marégraphe de Tandjong Priok n'accuse, le 20 Mai, aucune anomalie, ainsi qu'on le voit sur la copie réduite fig. 10 (**46**). Comme en outre la houle venait du côté nord (le rapport dit N.N.-E. et N.-O.), cette agitation de la mer aura sans doute été indépendante de l'éruption.

La seconde indication provient de la barque *Bintang*, qui, à l'ancre dans la rade de Blinjoe (île de Banka), fut tout-à-coup, dans la nuit du 31 Mai au 1er Juin, l'air étant parfaitement calme et

le ciel serein, secoué par une agitation inaccoutumée de l'eau, qui jeta le gouvernail contre le bordage (47). Le commandant crut pouvoir supposer un tremblement de mer, mais cette observation est, comme la précédente, tout-à-fait isolée, aucune autre nouvelle de tremblement de terre ou de mer ne nous étant parvenue des environs de Blinjoe; dans ce cas également, le rapport avec l'éruption est donc très improbable.

Je noterai d'ailleurs, dès à présent, que du 27 Mai au 26 Août, pas un seul tremblement de terre ou de mer n'a été observé dans le détroit de la Sonde, ni dans les parages voisins.

Nous en étions arrivés ci-dessus, dans l'analyse des informations recueillies sur l'éruption, jusqu'à la fin du mois de Mai, et nous allons maintenant reprendre le récit des évènements, après avoir mentionné les phénomènes, autres que les secousses de tremblement de terre dont il a déjà été question, qui furent observés dans les phares, pendant les premiers jours après l'éruption. A Java's 4de Punt (Bodjong), près d'Anjer, on ne remarqua au début ni bruits ni vibrations; ce n'est que du 29 au 31 Mai qu'on entendit le soir, de $7^h \, ^1/_2$ —9 ou 10 heures, des grondements dans la direction de l'Ouest (47a). Au Vlakke-Hoek ni bruits ni vibrations ne furent perçus; dans la matinée du 20 il commença à y tomber une pluie de cendres, qui continua jusque dans l'après-midi du 23, moment où le vent tourna de l'Est vers le Nord. Du côté exposé au vent, les glaces du réverbère durent être nettoyées itérativement (47b). A Java's 1ste Punt rien de particulier ne fut observé (47c). Dans l'île de Noordwachter on entendit le 20 Mai, à $11^h \, ^1/_4$ du matin, un grondement sourd et des vibrations, auxquels, entre midi et midi 30^m, se joignirent des détonations, les unes éclatantes, les autres étouffées; il en fut de même le 21 Mai (47d).

Pour le mois de *Juin* nous trouvons deux rapports d'Anjer, mentionnant que Krakatau, le 19 Juin, à $5^h \, ^1/_2$ du soir, émettait de nouveau beaucoup de fumée, et qu'un bruit pareil au tonnerre se faisait entendre dans le lointain. Un épais nuage, suspendu au-dessus de l'île, ne fut chassé, par le vent d'Est, que le Dimanche soir,

24 Juin, et alors on aperçut distinctement *deux* fortes colonnes de fumée, qui s'élevaient majestueusement. La colonne septentrionale était la plus puissante (**48** et **49**). C'est-là la première communication ayant trait à la formation d'un *second* grand cratère à Krakatau; dans le rapport mensuel du contrôleur de Ketimbang pour le mois de Juin, il n'est pas encore question de deux cratères; il y est dit seulement que Krakatau émettait continuellement de la fumée, parfois accompagné de bruits intenses, qui devinrent surtout violents dans la nuit du 28 et du 30 Juin (**50**). Le rapport mensuel du mois de *Juillet*, toutefois, mentionne le nouveau cratère. Pendant les quelques journées de ce mois, où Krakatau fut visible de Ketimbang, on avait vu sortir de la fumée des deux cratères. Le cratère le plus ancien était situé au pied du mont Perboewatan, le nouveau, à l'Est du précédent, au pied du mont Danan. L'aspect du Perboewatan avait entièrement changé; les trois masses rocheuses qui jadis formaient les sommets de cette montagne, avaient disparu (**51**) (probablement par l'effondrement partiel des coulées de lave qui entouraient le cratère Verb).

Le 3 Juillet je revins des Pays-Bas à Batavia, par le vapeur néerlandais *Prinses Marie.* Dans la nuit du 2 au 3, vers 3 heures du matin, nous avions passé à l'est de Krakatau; à ce moment, le ciel étant très brumeux, on n'apercevait au-dessus de l'île qu'une faible lueur rouge; quant à des cendres, on n'en remarqua pas.

Pour le mois d'*Août* j'ai à citer d'importantes observations faites à Krakatau, le 11 de ce mois, par le capitaine d'état-major H. J. G. Ferzenaar, chef de la brigade topographique du Bantam. Le but de son voyage était de s'assurer s'il y avait moyen de lever le plan de l'île. Au rapport que le capitaine Ferzenaar adressa à ce sujet au Major, chef du service topographique, rapport auquel était annexée la petite carte fig. 21, j'emprunte ce qui suit (**52**).

»Le 10 courant au soir, je me suis embarqué sur un prauw »majang (bâtiment indigène) qui m'a conduit à Poeloe (île) Rakata, »d'où je suis revenu à Tjaringin le 12 au soir. Le régent de Tja»ringin n'ayant pu tenir sa promesse de m'accompagner, j'ai dû »entreprendre seul le voyage.

»Pour le moment il ne saurait être question, à mon avis, de »lever le plan de cette île, l'opération exposerait encore à trop de »dangers; en ce qui me concerne, du moins, je ne voudrais pas »assumer la responsabilité d'y envoyer un géomètre.

»J'ai fait un croquis de l'île à l'échelle de 1 : 100.000, avec tranches »distantes de 50 mètres; j'ai l'honneur de joindre ce croquis au »présent rapport.

»Le contour des îles a été tracé d'après la carte marine du »détroit de la Sonde; les hauteurs ont été évaluées à vue d'oeil; »la forme du terrain était esquissée à mesure que l'embarcation faisait »le tour des côtes. Je n'ai longé ni le côté Ouest, ni le côté Sud; »au côté Ouest je me serais trouvé sous le vent, et l'épaisse fumée »m'aurait donc empêché de rien voir. La route suivie est indiquée »par une ligne ponctuée.

»La partie désignée par un fin pointillage est entièrement devastée; »quelques rares troncs d'arbres s'y voient encore, mais complètement »dégarnis de branches et de feuilles; le sol, près de la plage, est »couvert d'une couche de cendres épaisse d'environ $^1/_2$ mètre.

»Les sommets qui émettent le plus de fumée sont marqués B. D. »et E. Là apparaissent encore incessamment d'énormes colonnes »de fumée, de couleur rose et blanc grisâtre sale.

»Aux autres points marqués en rouge s'élève également de la »fumée, mais en quantité moindre. Près des sommets C. et E. doit »avoir eu lieu l'éruption antérieure (en 1680); aussi ces parties »sont-elles toutes nues, sans le moindre vestige d'anciens arbres. »Au dire d'un indigène, qui m'accompagnait et qui jadis avait »plusieurs fois visité ces lieux, il n'y avait alors que des blocs de »pierre, sans trace de végétation; aujourd'hui ces blocs sont tous »ensevelis sous la cendre.

»Lors de l'éruption récente, la partie nord-ouest du sommet B. »a éclaté (ou s'est écroulée Verb.); ce sommet doit avoir été autrefois »beaucoup plus élevé. A mon avis, il y a encore une partie de ce »sommet qui devra s'écrouler, car sur toute la pente Sud, jusqu'au »pied, on voit sortir de la fumée.

»Poeloe Sertoeng (Verlaten-eiland) est couverte d'une couche de »cendres; les arbres y sont encore debout, mais tous dépouillés. »P°. Rakata ketjiel (Lang-eiland) et P°. Tjoekoe (Poolsche-Hoed) ont »le moins souffert; au côté ouest seulement les feuilles des arbres sont »grillées. L'éruption doit donc avoir été dirigée vers le nord-ouest.

»Sur le rivage j'ai légèrement creusé le sol et trouvé pour couche »supérieure de la cendre grisâtre, au-dessous de celle-ci, de la cendre »mêlée de soufre, et enfin des pierres ponces; ces pierres paraissent »donc avoir été le premier produit de l'éruption.

»Une grande partie de P°. Rakata pourrait être levée en prenant »pour stations les ilôts voisins; mais je jugerais imprudent d'aller »déjà exécuter des mesures dans l'île même."

Tout honneur revient au capitaine Ferzenaar, la dernière personne qui a mis le pied sur la partie nord de Krakatau, pour l'excellente petite carte qu'il en a dressée en si peu de temps. On peut regretter seulement qu'il n'ait pas jeté un coup d'oeil sur le côté Sud de l'île; nous eussions eu alors les courbes de niveau au complet, aussi loin du moins que la fumée n'interceptait pas la vue.

Il y avait donc, le 11 Août, *trois* cratères principaux dans l'île, tandis que de la vapeur et de la fumée s'échappaient encore eu une foule d'autres points, notamment sur le penchant sud du Danan, qui plus tard, comme M. Ferzenaar le fait observer avec raison, se sera certainement effondré, et aura formé ainsi le cratère principal des éruptions du 26 et du 27 Août. D'après le croquis sus-mentionné du capitaine de vaisseau Buijskes, le Danan doit avoir eu une altitude de 450 mètres; la petite carte du capitaine Ferzenaar indique 400 mètres, ce qui s'accorde parfaitement avec la première évaluation, faite à une époque où le sommet B. était plus élevé. Le côté sud du pic était encore entièrement couvert de verdure, de même que Lang-eiland et le Poolsche-Hoed. Du rapport il résulte, en outre, que tous les points d'éruptions se trouvaient encore sur terre, que pas un seul n'était sous-marin; que les matières rejetées formaient une couche n'ayant pas plus de $^1/_2$ mètre d'épaisseur;

qu'après les pierres ponces lancées dans les premiers jours de l'éruption, au mois de Mai, il n'avait plus été rejeté que des matières pulvérulentes, de la cendre; que le vent avait poussé cette cendre principalement dans la direction du nord-ouest, de sorte qu'il n'en était tombé que très peu sur le versant nord du pic et à Lang-eiland, et presque rien sur le versant sud du pic. Tous ces points sont de haute importance pour l'appréciation de la formidable éruption qui eut lieu 14 jours plus tard. Quoique le volcan fût déjà en activité depuis près de 3 mois, l'épaisseur totale des matières vomies n'atteignait encore, à proximité immédiate du point d'éruption, que $^1/_2$ mètre (1 mètre d'après l'ingénieur Schuurman). Quelle différence avec la puissante éruption postérieure, qui dans l'espace de quelques heures, à 15 kilomètres de distance du volcan, amoncela la cendre à une hauteur se chiffrant par dizaines de mètres!

Du 12 au 26 Août nous ne possédons que les nouvelles apportées par trois navires.

Le 14, le vapeur néerlandais *Madura*, en route pour Batavia, passa près de Krakatau. On fut très incommodé par la cendre qui tombait de tous côtés. L'air était, jusqu'à plusieurs milles de distance, tellement chargé de cendre, qu'il régnait une obscurité presque complète, et qu'il fallut allumer la lampe du compas de route. On craignait fort des déviations du compas, mais il n'est pas dit si elles ont réellement été observées. De sourdes détonations se faisaient entendre continuellement. Le *Madura* est resté dans la cendre depuis 11 heures du matin jusqu'à 3 heures de l'après-midi (**53**).

Le 16, dans la matinée, le *Loudon* passa devant l'île, et y rencontra une épaisse pluie de cendres (**54**).

Les passagers du vapeur néerlandais *Prinses Wilhelmina* virent, le 23 Août au matin, s'élever du cratère une forte colonne de fumée, et furent surpris par une abondante pluie de cendres (**54^a**).

Le 25 au soir il tomba de la cendre à Teloeq Betoeng, ce qui n'étonna personne, vu qu'on y avait déjà observé itérativement après l'éruption du mois de Mai, et aussi de temps en temps dans les mois de Juin, Juillet et Août, une fine pluie de poussière (**55**).

Tel est l'ensemble des renseignements que j'ai pu recueillir au sujet des éruptions du 20 Mai au 26 Août. S'ils ne les font pas connaître d'une manière complète, ils donnent cependant une idée suffisante de ce prologue du grand drame qui allait se dérouler.

Dans un des chapitres suivants, je reviendrai longuement sur ces premières manifestations, et sur la nature des produits éruptifs. Ici, je résumerai brièvement les resultats principaux des observations.

1. Les éruptions de Krakatau, en Mai 1883, ont été précédées de quelques faibles secousses de tremblement de terre sur le littoral du détroit de la Sonde.

2. La première éruption commença dans la matinée du 20 Mai. Déjà vers 10 heures, le nuage de vapeur et de cendre avait atteint une hauteur considérable. Pendant les 4 premiers jours, les éruptions étaient accompagnées de grondements et de détonations ressemblant à des coups de canon, qui dans la direction de l'Est furent entendus à la distance de 225 kilomètres, dans la direction Nord $^1/_4$ Nord-Ouest, à 350 kilomètres au moins, et probablement à plus de 800 kilomètres. A l'Est, les vibrations atmosphériques furent perçues plus loin que les sons. Dans le Bantam, il n'y eut qu'un très petit nombre de localités où les détonations ne furent pas entendues, ou ne le furent que très faiblement.

3. Ce n'est que dans les deux ou trois premiers jours que le volcan paraît avoir rejeté une quantité considérable de ponce en fragments, matière qui bientôt fit place à des cendres.

4. Les éruptions se succédèrent avec une force variable de Mai en Août, n'amenant au jour, paraît-il, que de la vapeur et des cendres. Les détonations furent parfois entendues en divers points du détroit de la Sonde, mais elles étaient beaucoup plus faibles qu'au mois de Mai, et ne furent perçues ni à Batavia ni à Buitenzorg.

5. Dans le nuage de cendre, et notamment dans sa partie supérieure, des décharges électriques ont été observées à différentes reprises. En ce qui concerne les déviations des boussoles des navires, les déclarations ne s'accordent pas.

6. Le 27 Mai au matin, un tremblement de terre eut lieu dans

le détroit de la Sonde. Après cette date, jusqu'au 26 Août, on n'y a plus remarqué de trépidations, ni du sol, ni de la mer.

7. En Mai le cratère du Perboewatan a seul été en activité; en Juin il s'y joignit un second cratère, appartenant au mont Danan, et en Août il y avait même trois principaux foyers d'éruption.

8. Le 11 Août, l'épaisseur des produits éruptifs ne s'élevait, tout près des cratères, qu'à $^1/_2$ mètre. Sur le penchant sud du pic il n'y avait encore presque pas de cendre.

9. La cendre a été emportée par le vent principalement dans la direction du Nord-ouest; la ponce des éruptions du 20 et du 21 Mai a été charriée par la mer dans la direction Ouest. Le 22 Mai cette ponce était déjà arrivée au Vlakke-Hoek; au-delà elle paraît s'être plus ou moins divisée; le botaniste H. O. Forbes nous apprend que le vapeur *Quetta*, capitaine Templeton, depuis le 9 Juillet, jour où il passa près de Krakatau, jusqu'au 12 au soir, navigua constamment au milieu de ponces flottantes. Le 12, dans l'après-midi, le navire se trouvait à 5° 53′ Lat. S. et 93° 54′ Long. E. de Gr., et le soir de ce jour à environ 1° plus à l'ouest. Il est remarquable que le courant était alors constamment dirigé *vers* le détroit de la Sonde (**56**). Le 1er Août une grande quantité de ponce fut rencontrée par le vapeur *Siam*, commandant Ashdown, à 6° Lat. S. et 89° Long. E. de Gr., donc à 960 milles de Krakatau, le *Siam* navigua pendant 4 heures à travers la ponce (**56a**). L'*Idomène* rencontra également cette ponce les 11 en 12 Août, entre 6° et 8° Lat. S., par 88° Long. E. de Gr. (**57**).

III.

ÉRUPTION DU 26 AU 28 AOÛT 1883 ET ÉRUPTIONS POSTÉRIEURES.

Tout comme au mois de Mai, ce fut de nouveau un Dimanche que le volcan de Krakatau choisit pour annoncer à haute voix, aux habitants de l'Archipel, que, bien qu'un nain parmis les nombreux colosses volcaniques des Indes, il ne le cédait à nul d'eux sous le rapport de la puissance.

Après le mois de Mai, ainsi que nous l'avons vu, des bruits venant de Krakatau avaient été entendus de temps en temps, mais pas au-delà du littoral du détroit de la Sonde.

Le 26 Août, à 1 heure de l'après-midi, commença à *Buitenzorg* un grondement, que je pris d'abord pour celui du tonnerre dans le lointain; mais déjà à $2^h \, {}^1/_2$ ce bruit était accompagné d'explosions faibles et brèves, de sorte que je fus convaincu, quoique n'ayant pas assisté au phénomène du mois de Mai, que les détonations devaient provenir de l'île de Krakatau, située justement dans la direction d'où partait le bruit, savoir à l'O.-N.-O. A Batavia, ainsi qu'à Anjer, les bruits furent perçus quelques instants plus tard, tandis qu'à Sérang et à Bandoeng ou les entendit à trois heures.

Bientôt les détonations augmentèrent en intensité, surtout vers 5 heures du soir, et les nouvelles reçues postérieurement nous ont appris que ces détonations avaient été entendues dans toute l'île de Java.

Les grondements continuèrent toute la nuit, interrompus de temps

en temps par une violente explosion, donnant lieu à des ébranlements et à des vibrations. Au chapitre V il sera traité en détail de ces mouvements de l'air, ici je me borne à noter que durant cette éruption, pas plus que dans celle du mois de Mai, on n'a observé des tremblements de terre tant soit peu importants. Dans les quelques rapports où il est question de tremblements de terre, on dit presque toujours que les secousses étaient *faibles* et le mouvement *vertical*. La méprise paraît avoir eu lieu surtout lorsque les bruits étaient faibles, les ébranlements, au contraire, très distinctement appréciables. La plupart des relations ne parlent que de vibrations de l'air, et quelques-unes mentionnent même expressément qu'il n'a *pas* été observé de tremblements de terre. En une couple de points seulement on paraît avoir réellement senti quelques secousses insignifiantes de la croûte terrestre (voir plus loin).

Dans la nuit du Dimanche au Lundi les détonations devinrent si violentes, que presque personne, dans l'Ouest de Java, ne put dormir en repos. Non seulement on était à tout moment réveillé en sursaut par l'éclat des explosions, mais l'étrangeté du phénomène ne laissait pas que de causer des inquiétudes assez vives. Quiconque n'en a été témoin ne saurait se faire une idée de l'impression qu'on éprouve, lorsqu'une montagne située à 150 kilométres de distance produit un fracas aussi terrible que celui de décharges d'artillerie entendues de trés près. C'est là quelque chose de si insolite et extraordinaire, que beaucoup de personnes doutaient que Krakatau fût la cause de ces violentes détonations, et supposaient que quelque volcan plus rapproché était entré en action.

A cela s'ajoutait que dans les maisons tous les objets plus ou moins mobiles, et surtout les objets suspendus, étaient agités de courtes vibrations, d'où résultaient des bruits divers, cliquetis, grincements et craquements, qui contribuaient à faire naître chez les habitants un sentiment de malaise.

Le matin, à sept heures moins le quart, éclata un coup si formidable, que les derniers de ceux qui essayaient encore de retrouver le sommeil perdu, s'élancèrent de leur lit. A Buitenzorg, dans 4

maisons, la mienne entre autres, qui ont leur façade tournée à l'Ouest, des lampes sortirent de leurs suspensions, la chaux tomba partout des murs, des portes et des fenêtres, mal ou non fermées, s'ouvrirent, bref, ce fut un vrai tintamarre. Cette détonation a été, à Buitenzorg, la plus forte de toutes; après $8^h\ ^1/_2$ du matin on n'entendit presque plus rien, jusque vers 7 heures du soir, moment où le bruit redevint très distinct; il s'y joignit aussi des détonations, qui, entre 10 et 11 heures du soir, ne le cédaient pas beaucoup en intensité à celles du matin; quelques heures plus tard, le Mardi, à $2^h\ ^1/_2$ du matin, le bruit cessa complètement.

Après la violente explosion du Lundi matin, à 7 heures moins le quart, le ciel était partout serein, sauf à l'Ouest, légèrement voilé; de 7 à 10 heures l'obscurité survint lentement, après 10 heures elle augmenta avec rapidité, à $10^h\ ^1/_4$ on dut avoir recours aux lampes, et les voitures commencèrent à circuler lanternes allumées. A ce moment, le ciel entier était couvert et de teinte livide-jaunâtre. A $10^h\ ^1/_2$ je vis au bout de ma propriété descendre jusqu'à terre un épais nuage gris-jaunâtre, qui, comme le fait parfois la fumée ordinaire des cheminées, tranchait nettement sur l'air ambiant. J'y courus immédiatement, dans l'espoir de recueillir des particules de cendre, mais, à ma grande surprise, je ne trouvai que de la vapeur d'eau dépourvue de toute odeur. Probablement qu'en d'autres lieux encore le nuage de cendre a été précédé d'un nuage de vapeur; mais la seule observation de ce genre qui soit venue à ma connaissance est celle de M. VAN HASSELT, contrôleur à Sekampong (Lampongs), qui le 27 Août, entre 10 et 11 heures du matin, remarqua, à Ṣoekadana, un nuage reposant sur le sol (**58**). Son interprétation du phénomène diffère toutefois un peu de la mienne, car il attribue le nuage à une condensation de l'humidité de l'air opérée sur la place même; pourtant il mentionne qu'on percevait une forte odeur d'acide sulfureux, ce qui prouve bien que cette vapeur provenait également du cratère, et était descendue des couches atmosphériques supérieures, soit par une pression d'en haut, soit par son propre poids. D'après lui, on éprouvait aussi une sensation de surdité, effet de la forte pression de l'air.

Le nuage de vapeur, à Buitenzorg, ne fut pas immédiatement suivi d'une chute de cendres; il s'écoula au contraire encore plus d'une $^1/_2$ heure avant que les premiers grains de cendre fussent visibles, et ce n'est qu'à 11^h 20^m que commença la pluie de cendre proprement dite. Celle-ci resta assez abondante jusqu'à 1 heure, puis continua plus faible jusqu'à 3 heures. La cendre tombait en petits grains ronds, qui s'écrasaient entre les doigts, en une poudre farineuse gris clair; elle était très humide et ne contenait pas moins de 10 % de son poids en eau.

Après 3 heures il flottait partout une vapeur ou un brouillard froid et humide, à légère odeur d'acide sulfureux; pendant l'obscurité, et aussi lorsqu'elle fut dissipée, l'air était notablement plus froid que les autres jours. Les ténèbres n'ont pas été complètes à Buitenzorg; néanmoins, depuis 11^h 30^m jusqu'à midi, il a fait assez obscur pour que, à la distance de 25 mètres, on ne pût distinguer les objets, tels qu'arbres ou maisons; passé 1 heure, la clarté augmenta sensiblement et les coqs se mirent à chanter (**59**).

Plus à l'Est, à Sindang Laja, à Tjandjoer et à Bandoeng l'obscurité n'a pas été complète non plus, et elle a duré d'autant moins longtemps que la situation de la localité était plus orientale. On approche ici de la limite des cendres, qui se trouve encore à l'ouest de Bandoeng.

A *Batavia*, la nuit du Dimanche au Lundi ne se passa pas d'une manière moins troublée. Beaucoup d'habitants, n'osant aller se coucher, restèrent à se promener au Koningsplein. Environ à 1^h $^1/_2$ du matin (probablement à 1^h 55^m Verb.) plusieurs becs de gaz s'éteignirent tout-à-coup, tant dans les rues que dans les habitations, et cela ce répéta encore avant 3 heures (**60**) (probablement à la suite de l'explosion de 2^h 38^m Verb.); lors de la détonation de 1^h 55^m des vitres se brisèrent dans quelques magasins à Ryswyk (au centre de Batavia), et à Gang Chaulan le globe d'une lampe non allumée éclata en morceaux (**61**).

Dans la soirée du 26, à 11^h 32^m 18^{sec} temps moyen de Batavia, l'horloge astronomique de l'appareil aux signaux horaires s'arrêta (**62**), par suite des vibrations continues. Le matin, à 6 heures,

il y avait une couche extrêmement mince de cendre; quant à l'heure à laquelle avait eu lieu cette chute très peu importante, je n'en ai trouvé nulle part l'indication précise. On avait en outre, pendant la nuit, distinctement senti une odeur de soufre, et le Dimanche soir on avait vu une lueur rouge dans la direction de Krakatau.

Le matin, à 8^h 20^m (**63**) (selon d'autres un peu plus tard, à 8^h 25^m ou 8^h 30^m), fut entendue a Batavia la détonation la plus violente, qui produisit aussi de fortes vibrations et détermina des craquements dans beaucoup d'édifices. Ensuite on n'entendit presque plus rien, jusqu'au soir après 8 heures, moment où le bruit recommença, pour se continuer jusqu'à une heure avancée (**63***). Entre 10 et 11 heures du matin survint une obscurité, qui alla toujours en augmentant; à 11 heures il commença à tomber de la cendre; jusqu'à midi il fit à peu près nuit, ensuite le jour revint peu à peu, et à 2 heures la pluie de cendre cessa. D'après le calcul de l'usine à gaz, 1500 becs ont brûlé ce matin-là à Batavia. Ici également on a observé, à partir de 10 heures du matin, un notable abaissement de température; à midi et à 1 heure la différence était de 7° Cels. (plus de $12^1/_2$° Fahr.) par rapport aux températures notées aux mêmes heures, la veille et le lendemain (**64**).

Un peu après-midi, pendant que l'obscurité régnait encore, la mer remonta soudainement vers Batavia, de sorte qu'en un instant une partie de la ville basse, jusqu'au Marché aux poissons, se vit inondée. Dans le canal du port, l'eau atteignit à midi 10^m son niveau le plus élevé, qui était à environ 2 mètres au-dessus de B. P. (*Batavia-Peil*, zéro de l'échelle de Batavia), tandis que la veille la cote maximum de la marée montante, à 4 heures, n'avait été que de 0^m, 67 au-dessus de B. P. Quelques barques et bateaux à rames furent refoulés dan la rivière jusqu'au Heemradenplein; l'eau s'arrêta alors un instant, mais revint ensuite avec beaucoup de force; car, à midi 30^m, la vague avait aussi atteint Tandjong Priok, et l'eau arrivait au Heemradenplein par le canal de Priok. Le pont près de cette place fut endommagé par les bateaux qui vinrent le heurter violemment. L'échelle de la rivière Tjiliwong, près de cette même

place, marquait à midi $0^m,56$ au-dessus de B. P., à midi 45^m $1^m,48$, à 1^h $1^m,38$ et à 2 heures $0^m,83$. Lors du reflux de l'eau dans le canal du port, près du Kleine Boom et du Marché aux poissons, reflux qui à cet endroit eut déjà lieu dans la première demi-heure après l'arrivée du flot de midi 30^m, le canal se vida presque entièrement; laissant des barques et des bateaux à rames échoués sur la rive et sur le quai; des poissons purent être pris en quantité à la main, par les Chinois et les Indigènes. Après 2 heures, et de nouveau après 4 heures de l'après-midi, l'eau revint, mais en s'élevant moins haut que la première fois; l'heure exacte des niveaux maximum ne paraît pas avoir été notée.

De grande valeur sont les observations recueillies au marégraphe de Tandjong Priok, sur lesquelles je reviendrai en détail au chapitre V. Du 27, à midi, jusqu'au 28, à minuit, donc dans un espace de 36 heures, il n'en registra pas moins de 18 ondes; la première et la plus forte atteignit son niveau maximum, de 2^m, 35 au-dessus de B. P., à midi 30^m; ensuite l'eau baissa jusqu'à $3^m,15$ *au-dessous* de B. P., lequel niveau exceptionnellement bas était déjà atteint à 1^h 30^m; à 2^h 30^m niveau maximum de la deuxième onde + $1^m,95$, à 3^h 30^m minimum ÷ $1^m,50$; à 4^h 30^m cote maximum de la 3ième onde + $1^m,24$, à 5^h 30^m minimum ÷ $0^m,40$, le tout compté à partir du zéro de l'échelle de Batavia. Dans la marche de ces ondes s'accuse donc très nettement une période régulière de 2 heures.

En ce point, les vagues n'occasionnèrent pas de dégâts importants; seul le vapeur *Prinses Wilhelmina* alla donner sur la côte (**64**). La partie du littoral située immédiatement à l'Est de Tandjong Priok eut peu à souffrir, protégée qu'elle était par la jetée du port; au pasar (marché) de Tjilingtjing l'eau ne s'éleva que de $^2/_3$ de mètre; mais sur les points de la côte plus avancés vers l'Est, depuis Sembilangan jusqu'à l'embouchure du Bloeboek, l'une des bouches du Tji Taroem, près de la pointe de Krawang, l'eau monta jusqu'à 2 mètres; 6 kampoengs furent dévastés en partie, Sembilangan fut entièrement détruit (**65**).

Les îles de la baie de Batavia eurent également à supporter de

graves dommages. La différence entre la haute et la basse eau, à l'île de Onrust, a été évaluée à 4 mètres; une partie de l'île fut submergée. Je n'ai trouvé aucune indication concernant l'heure à laquelle s'est produite la première vague (probablement vers midi Verb.), une seconde vague paraît être arrivée à $3^h\ {}^1/_2$. Le grand bassin de radoub flottant, qui à ce moment contenait l'*Augusta*, fut mis en danger; les lourdes chaînes auxquelles il était amarré cassèrent comme verre, et il alla heurter un steamer de la marine du Gouvernement, le *Siak*, dont le tambour des roues fut brisé, et la cheminée renversée. Le bassin, toutefois, ne fut pas emporté, quelques chaînes et câbles des ancres ayant tenu ferme. Le bassin de radoub de l'île d'Amsterdam, par contre, s'est détaché et a été entraîné dans la direction du Sud, vers la pointe de terre appelée Oentoeng Djawa, district de Tangerang.

Sur la côte nord de la résidence de *Krawang*, la vague arriva au village de Tjilamaja à $2^h\ 30^m$, mais elle n'y occasionna presque aucun dégât; au village de Pakies, à l'ouest du précédent, 8 maisons furent emportées, et 2 enfants se noyèrent; la hauteur de l'eau a été évalueé ici à ${}^2/_3$ de mètre. Le kampoeng Sendari, à l'Est de Pakies, fut également inondé, mais quelques habitations seulement éprouvèrent de légers dommages.

A l'est de Tjilamaja, dans le Krawang, la vague a encore été remarquée, mais elle n'a pas causé de préjudices au pays de Pamanoekan (**66**).

Dans la résidence de *Cheribon*, la vague atteignit le Rambattan, l'embouchure Ouest du Tji Manoek, aux environs de 4 heures, et une seconde vague arriva entre $5^h\ {}^1/_2$ et $6^h\ {}^1/_2$ du soir. Des observations exactes de l'heure et de hauteur n'ont pas eu lieu; la hauteur est estimée de ${}^1/_2$ mètre à 1 mètre (**67**).

A *Japara* (résidence de Japara) l'eau pénétra le soir à 6 heures, et monta à la hauteur de ${}^1/_2$ mètre (**67a**).

Aux échelles de marée du *détroit de Madoera* la vague a été encore observée très distinctement, savoir, à celle d'Oedjoeng Pangka, le 28, à $1^h\ {}^1/_2$ du matin, à celle de l'Oedjoeng de Soerabaja à $2^h\ {}^1/_2$, et

a celle de Karang Kleta à $2^{h}\ {}^{3}/_{4}$ du même matin. Les perturbations ne furent toutefois pas grandes; au chapitre V je reviendrai sur ces indications des échelles (**68**).

A *Tangerang*, dans la partie ouest de la résidence de Batavia, on entendit les premières détonations à 4 heures de l'après-midi, le Dimanche, 26. Le 27, aprés 10 heures du matin, il commença déja à tomber un peu de cendre; à 11 heures l'obscurité augmenta et la pluie de cendre devint plus abondante; à midi on dut allumer les lampes, et, au dehors, on ne voyait goutte. Le soir, à $4^{h}\ {}^{1}/_{2}$, la pluie de cendre avait cessé, et il faisait de nouveau clair. Entre 11^{h} du matin et midi on entendit dans la direction du Nord un bruit singulier: c'était le bruit de la vague qui accourait. Toute la côte nord de ce district, jusqu'à une distance de 1 à $1\,{}^{1}/_{2}$ kilomètres, fut inondée; une foule de personnes perdirent la vie, et 9 villages situés au bord de la mer furent ravagés complètement, 5 en partie. Les endroits qui étaient protégés à l'Ouest par des parties proéminentes de la côte, eurent le moins à souffrir; l'eau s'éleva, suivant la situation des lieux, de $1^{m}\ {}^{3}/_{4}$ à $3^{m}\ {}^{1}/_{4}$. MM. Gouyn, Frans et Jacobs, qui le matin s'étaient rendus au kampoeng (village) de Kramat, pour y tenir une vente, ne se sauvèrent qu'à grand' peine, en grimpant sur des arbres (**68ª**). Dans ce district périrent 1794 Indigènes et 546 Chinois et autres Orientaux étrangers (**68ᵇ**).

A *Sérang* les bruits commencèrent à 3 heures, dans l'après-midi du Dimanche. Pendant toute la nuit , on y observa une odeur de soufre, ainsi que des éclairs et des grondements de tonnerre dans la direction de Krakatau, et il tomba aussi un peu de cendre. Le Lundi matin, le ciel était, à l'Ouest, couleur de plomb, et une fine pluie de cendre continuait à tomber (**69**). A $10^{h}\ {}^{1}/_{4}$ on entendit une détonation (**69ª**), et peu après, à $10^{h}\ {}^{1}/_{2}$, commença l'obscurité, qui déjà avant 11 heures était si complète, qu'on ne pouvait plus rien distinguer, même à proximité immédiate. A $11^{h}\ 10^{m}$ un télégramme de Sérang mandait qu'il y tombait une pluie de gravier (petits fragments de pierre ponce Verb.) (**70**); à $11^{h}\ 30^{m}$, la communication télégraphique entre Sérang et Batavia fut, hélas! interrompue

jusqu'au 28 à midi; à la chute de petites pierres succéda une pluie de boue, fange grisâtre, ou cendre mouillée, qui s'attachait aux feuilles et aux branches des arbres, et en déterminait la rupture par son poids. A midi la pluie de boue cessa, et il ne tomba plus que de la cendre assez sèche. Pendant ce temps on n'a pas entendu, paraît-il, de détonations à Sérang, car les récits mentionnent qu'il y régnait un silence extraordinaire, qui chez beaucoup de personnes produisait un accablement nerveux; les animaux domestiques étaient également inquiets et, dans les maisons, se rapprochaient le plus possible des hommes et de la lumière, ne se laissant même pas éloigner de force. Jusqu'à 2 heures l'obscurité resta complète; alors une faible clarté reparut à l'orient, les coqs se mirent à chanter, on entendit de nouveau des bruits sourds; la cendre continuait à tomber, l'odeur de soufre étais très forte et desagréable; à 4 heures des lampes brûlaient encore, quoique, à ce moment, il régnât une lumière crépusculaire (**71**). A 11 heures du soir seulement la pluie de cendres s'arrêta, comme l'annonçait, le 28, l'un des premiers télégrammes qui, après que la communication eut été rétablie, furent expédiés de Sérang à Batavia (**72**); mais ces télégrammes apportaient en même temps les premières nouvelles de la dévastation d'Anjer et de la côte septentrionale de Java et bientôt on apprit que les ondes formées à la suite de l'éruption, et dont l'effet avait déjà été si funeste dans le district de Tangerang et à Batavia, avaient, comme on le présumait, exercé d'épouvantables ravages sur le littoral du détroit de la Sonde, beaucoup plus rapproché de Krakatau.

La Gazette officielle de Java (Javasche Courant) des 28 Août, 31 Août et 4 Septembre, et les journaux de Batavia du 28 Août au 1er Septembre, sont remplis de détails sur la catastrophe dans le Bantam. Pourtant, on y trouve peu de récits de témoins oculaires, car Merak, Anjer et Tjaringin, les seules localités de la côte où se trouvaient des Européens, furent totalement détruits; et parmi ces Européens, ceux qui n'avaient pas pris la fuite avant le désastre ne parvinrent à se sauver qu'*en très petit nombre*. Si l'on considère, en outre, que dès l'abord de profondes ténèbres s'étaient partout

répandues, et que ces terribles évènements avaient jeté tout le monde dans un état d'agitation extrême, on comprendra qu'il ne faut pas s'attendre à une trop grande exactitude dans les rares indications que nous possédons au sujet du moment de l'arrivée des vagues sur la côte du Bantam.

Pour *Merak*, nous avons le témoignage du comptable des travaux du port de Batavia, E. Pechler, le seul Européen qui eut la vie sauve. Il était en route pour remettre à un messager, qui devait le porter à Sérang, un télégramme que lui avait donné, le matin à 8 heures, le chef-mineur Naumann (**73**). Cette dépêche, la dernière qui ait été expédiée de Merak, mandait au chef des travaux du port, à Batavia, que dans la soirée du Dimanche 26, et aussi le matin du 27, la partie basse de *Merak*, savoir le campement Chinois, la voie ferrée, l'embarcadère et l'anse de Batoe-Lawang, — endroit ou se trouvait une carrière relevant des travaux du port — avait été ravagée; les grues et l'embarcadère étaient encore à leur place, mais les wagons avaient été emmenés par la mér, toujours très haute au moment où la dépêche fut écrite (**74**). D'après une autre version, M. Pechler lui-même se serait mis, à $8^h\ ^3/_4$, en route pour Tjilegon; mais cela est inexact, suivant des communications que M. Pechler m'a faites, de vive voix, à Batavia. Il se trouvait, environ vers 9 heures ou $9^h\ 30^m$, au pied de la haute colline située derrière le kampoeng Merak, quand arriva la grande vague; il se dépêcha de gravir cette colline, mais l'eau le gagna de vitesse, et elle lui venait aux genoux, lorsqu'il tomba évanoui; ce n'est que le lendemain (28 Août), de très bonne heure, qu'il reprit connaissance, et aperçut près de lui deux indigènes. Peu de temps après, ils virent arriver le hopper *Tegal*, ayant à bord l'ingénieur Nieuwenhuys, et ils se rendirent alors en hâte à la plage, où, littéralement, tout était détruit. Les indigènes firent á l'ingénieur un récit tant soit peu différent; en outre, les déclarations de M. Pechler, telles qu'elles sont consignées dans le rapport officiel sur les travaux du port, pour le mois d'Août (**74**), dans un rapport de l'ingénieur Nieuwenhuys au chef des travaux du port, sur l'état des lieux. à Merak le 28

Août, et dans le Java-Bode du 29 Août, ne s'accordent pas exactement entre elles. L'indication de 8 heures pour le télégramme et celle de 9 heures ou 9h 30m pour la vague sont probablement toutes les deux trop faibles, la seconde même de plus d'une heure; le fait doit avoir eu lieu *après* 10 heures, puisqu'on mentionne que l'obscurité survint à peu près en même temps que la grande vague. La susdite indication ne peut pas non plus se rapporter à une vague antérieure, car alors PECHLER, qui resta couché sur la colline, à la place où la vague l'avait atteint, eût indubitablement été emporté par l'onde, bien plus forte, de 10 heures.

Lorsque, le lundi matin, on apprit à Tjilegon qu'une partie de Merak avait été détruite dans la soirée du Dimanche, l'aspirant-contrôleur ABELL partit, avec le wedana, pour se rendre sur le théatre de la catastrophe. A 10 heures ils atteignirent le village de *Sangkanila*, situé non loin de Merak, et très près de la mer. Les habitants des autres kampoengs avaient presque tous pris la fuite vers Tjilegon, localité sise à une plus grande hauteur, ou vers les montagnes; seuls, ceux de Sangkanila étaient restés chez eux. Cinq minutes environ après son arrivée dans le village, M. ABELL vit tout à coup s'avancer »une mer colossale, aussi haute peut-être qu'un cocotier"; il échappa à grand' peine au danger, en gravissant en toute hâte, avec le wedana, les collines les plus proches. Regardant en arrière, ils virent toute la zone littorale inondée, mais bientôt ils se trouvèrent plongés dans une obscurité complète et assaillis par une violente pluie de cendres et de boue; à 2h 1/2 le ciel s'éclaircit, et il devint possible d'entreprendre, pas des sentiers glissants, passant sur les hauteurs, le retour vers Tjilegon, où ils arrivèrent à 1 heure de la nuit. Ils étaient restés 4 heures (donc de 10h 1/2 à 2h 1/2) sur les collines, dans les ténèbres et les vêtements trempés (**75**).

Cette indication de l'heure est exacte, la grande vague a été vue, près de Merak, *après* 10 heures, et *un peu avant l'arrivée de l'obscurité.*

A Merak ont péri: le chef-mineur K. A. NAUMANN et sa femme, le surveillant H. B. VAN DIEST et sa femme, le surveillant J. KAAL, le machiniste S. C. VAN ESSEN, sa femme et 4 enfants, le magasinier

J. S. Townsend et enfant; seul le comptable E. Pechler, dont la famille se trouvait à Tjilegon, fut sauvé. L'ingénieur Nieuwenhuys était parti le 25 pour Batavia, circonstance à laquelle il dut son salut. Parmi les indigènes travaillant à Merak, ont péri: 1 chef-mandoer, 13 mandoers, 4 charpentiers, 9 machinistes, 2 forgerons, 3 ouvriers d'établi, 6 chauffeurs et 135 koelies, la plupart avec leur ménage; deux personnes seulement échappèrent. Lorsque, le 28 au matin, l'ingénieur Nieuwenhuys arriva sur les lieux, il n'y trouva plus rien des maisons, ni des ateliers; même l'habitation de l'ingénieur, située sur une hauteur à 14 mètres au-dessus du niveau de la mer, avait été rasée; il n'en restait que le pavé en ciment. Une locomotive fut retrouvée, toute tordue, à 500 mètres de sa place, les rails étaient arrachés de leurs traverses et entrelacés comme de simples rubans. On ne trouva qu'un seul cadavre, la mer en se retirant paraît avoir emporté toutes les victimes; plusieurs de celles-ci, qu'on avait vues flotter à la surface des vagues, furent rejetées sur la plage au bout de quelques jours et immédiatement enterrées. La hauteur atteinte par la mer a été, d'après l'ingénieur Nieuwenhuys, de 30 mètres en moyenne; au Sud de Merak, la côte plate tout entière, jusqu'aux collines, aussi loin que la vue pouvait s'étendre, était également dévastée (**76**). (Voir la petite carte fig. 24).

A *Anjer*, le 26, dans l'après midi, on entendit distinctement les bruits de Krakatau et l'on remarqua déjà des balancements dans l'eau; environ à $5^h\ ^1/_2$, fut observée la première crue importante: il n'y eut pas encore d'inondation, mais, dans le canal du port, plusieurs navires avaient démarré et donnaient contre le pont-levis, qui fut fortement endommagé. La hauteur de cette vague a été évaluée à 1 mètre, par quelques-uns à 2 mètres. Toute la soirée et la nuit l'eau resta agitée, mais on ne signala ni inondations, ni accidents. A partir de 9 heures du soir il tomba un peu de cendre; la nuit, entre 2 et 3 heures, il y eut une couple de secousses de tremblement de terre (?) (**76a**). Le Lundi matin, de bonne heure, on réparait la ligne télégraphique, qui la veille au soir avait été rompue par les mâts d'un schooner, lorsque, à $6^h\ ^1/_2$, arriva une grande vague,

qui détruisit Anjer presque en entier; plusieurs Européens périrent dans cette catastrophe; ceux qui étaient encore en vie s'enfuirent vers Tjilegon, à 16½ kilomètres de là. Une seconde vague, plus élevée que la première, doit, au rapport d'un télégraphiste, être arrivée à 7^h ½, donc 1 heure après la précédente (**77**), une autre relation, probablement du même (**78**), ne fait mention que d'une seule vague; le témoin s'enfuit aussi vite qu'il le put, vers Karès, à 4 kilomètres d'Anjer, y écrivit une dépêche pour mander la devastation d'Anjer au résident de Bantam et à l'inspecteur des télégraphes, puis retourna, à 9^h ½ environ, vers Anjer, afin de sauver ce qu'il était encore possible d'y sauver. Après avoir parcouru 1 kilomètre ½ sous une fine pluie de cendre, il entendit une détonation formidable, suivie d'une forte pluie de cendre, et d'éclairs. Ensuite se succédèrent encore quatre détonations semblables et, peu après, une pluie de boue. A ce moment accouraient à sa rencontre des indigènes d'Anjer, criant que l'eau arrivait; aussitôt il se jeta avec eux dans un chemin de traverse menant au kampoeng Djahat, petit hameau de 4 ou 5 maisons, situé sur une hauteur, où il arriva par une épaisse pluie de boue et une obscurité complète. On entendait craquer les arbres et se casser les tiges des bambous, mais la vague même n'a pas été vue en ce point, ce qui prouve qu'elle n'y est arrivée que lorsque les ténèbres étaient déjà profondes. On ne nous dit pas combien de temps ces ténèbres ont duré; toute la journée il paraît avoir fait passablement obscur; les fugitifs restèrent chacun à la place où ils s'étaient réfugiés, et ce n'est que le soir, lorsqu'un peu de clarté eut reparu, qu'ils purent se réunir (**78**^{a}).

Le résident de Bantam, dans un rapport officiel, ne parle également que d'*une* vague, qui, à environ six heures du matin, aurait dévasté Anjer. Il est certain, en tout cas, que la grande vague de 10 heures ne trouva plus debout, à Anjer, que le fort, la prison, l'habitation du patih et celle du wedana (**79**); probablement aussi le phare de Java's 4de Punt, qui, suivant le récit de la femme du surveillant du feu, Schuit, avait bien vibré et oscillé toute la nuit, mais n'avait *pas* été renversé par la vague de 6 heures. Le phare

n'aurait succombé qu'à 9 heures (plutôt: *après* 10 heures VERB.) (79ª).

Toute la plaine qui entoure Anjer, et qui derrière cette localité présente une largeur d'environ 1000 mètres, a pour ainsi dire été rasée; sur son bord, la mer a rejeté d'énormes blocs de coraux, dont le plus gros, gisant près de l'ancien phare, a un volume de 300 mètres cubes. La ligne de la côte, depuis Merak jusqu'à Anjer, et plus au Sud jusqu'à Tjaringin, n'a éprouvé que des changements sans importance; du chef-lieu Anjer une partie seulement a été emportée, comme on peut le voir sur la nouvelle carte du littoral du Bantam (**80**).

Le pilote DE VRIES échappa à la première inondation, qui selon lui eut lieu quelques minutes après 6 heures, en grimpant sur un arbre; lorsque l'eau se fut retirée, il se mit en route pour Sérang. Dans son récit il n'est pas non plus question d'une seconde vague à $7^h\ {}^1/_2$; cette vague ne paraît donc pas avoir été haute entre Anjer et Tjilegon, sans quoi M. DE VRIES l'eût nécessairement remarquée, puisqu'à $7^h\ {}^1/_2$ il devait encore se trouver sur les parties basses de la côte (**81**).

A Anjer périrent les Européens suivants (**81ª**):

1. TH. W. BUYS, Assistant-Résident.
2. Un enfant du précédent (mort dans les bras de la mère, pendant la fuite; enterré à 1 kilomètre $^1/_2$ au-dessus d'Anjer).
3. P. F. M. VAN LEEUWEN, maître de port.
4. H. J. VAN ROSMALEN, surveillant des travaux publics civils.
5. Mme la Veuve SCHUIT, aubergiste.
6. J. SCHUIT, surveillant du phare.

7 et 8. Deux enfants du précédent.

9 et 10. DE JONGH (fournisseur de navires et ancien pilote) et sa femme.

11. REGENSBURG, commis et greffier de Tjaringin.
12. Mme SCHWALM (décédée le 2 Septembre à l'hôpital de Sérang, à la suite de blessures etc. reçues lors de la catastrophe).

13 et 14. Deux enfants de Mme SCHWALM.

Les autres Européens, au nombre de 16, échappèrent au danger, en prenant a temps la fuite, ainsi que nous l'avons vu ci-dessus.

Au *Sud du phare de Java's 4de Punt* la côte basse devient bientôt plus étroite, pour ne s'élargir de nouveaux qu'aux environs de Tjaringin. Entre ces deux points, il y avait au bord de la mer plusieurs villages, tels que Sirih, Pasaoeran, Tadjoer, Tjerita, qui furent tous détruits.

De la localité populeuse de *Tjaringin* même, il n'est rien resté non plus; elle était située dans une grande plaine, de 1500 mètres de largeur, derrièrre laquelle s'élévaient des collines hautes de 20 à 30 mètres, où se sont sauvées les quelques personnes qui en eurent le temps.

Pour Tjaringin, nous possédons la rélation du conducteur des ponts et chaussées, GASTON (**82**). D'après lui, quelques maisons de cet endroit, dans la dessa Tjaringin-lor, avaient déjà été emportées le Dimanche soir à 7 heures; le résident de Bantam rapporte que pareille chose avait également eu lieu, de même qu'à Anjer, à 5h 1/2 ou 6 heures, et qu'alors s'étaient écroulés les kampoengs de pêcheurs les plus populeux, ainsi que le grand mesigit; il dit, en outre, que pendant presque toute la journée du Dimanche on observa une pluie de cendres, non seulement au chef-lieu, mais à peu près dans tout le district de Tjaringin (**83**).

Plus tard dans la soirée, entre 7 et 9 heures, les vagues culbutèrent de nouveau plusieurs maisons sur la plage, et les débris, prenant feu par les palitas (petites lampes) renversées, occasionnèrent jusqu'à trois fois un incendie. Déjà alors, quelques dames et enfants se réfugièrent dans la maison du contrôleur, située plus haut et plus loin de la mer, au kampoeng Siroeng, tandis qu'à Tjaringin même les Européens aidèrent, jusqu'à 2 heures de la nuit, à éteindre les incendies.

Le matin, à 6h 1/2, les dames qui avaient passé la nuit dans la maison du contrôleur revinrent à Tjaringin, où heureusement elles ne restèrent pas longtemps.

Un peu après, M. GASTON se rendit à cheval à Tjerita, situé sur

la côte, à 4 kilomètres $^1/_2$ au nord de Tjaringin, et là il constata qu'un pont en fer avait été emporté, probablement aussi dans la soirée du Dimanche. Voulant aller rendre compte de cet accident à Tjaringin, il en avait repris le chemin, lorsque, environ à mi-distance entre ces deux points, il entendit une détonation formidable, venant de Krakatau. Quelques instants plus tard (il devait être déjà bien près de Tjaringin Verb.) il remarqua à la surface de la mer une agitation inaccoutumée et vit, très au loin, arriver une énorme vague. A bride abattue il courut à l'habitation du contrôleur, et de là, avec les personnes qui s'y trouvaient, vers une hauteur voisine, où heureusement on fut en sûreté. Sur le penchant et en partie autour de cette colline, située sur la route de Menes, à environ 1600 mètres de la plage, l'eau s'est encore élevée à 15 mètres, ainsi que je m'en suis assuré plus tard, par des mesures directes. Aux premiers arrivants étaient venus se joindre, sur la colline, environ 150 indigènes; l'obscurité était profonde et il tombait une épaisse pluie de boue; quand la journée fut plus avancée on chercha à tâtons, donc toujours dans l'obscurité, le chemin vers Pandeglang, endroit qu'on atteignit heureusement.

Ont trouvé la mort dans l'inondation: l'Assistant-Résident Jhr. J. A. O. van den Bosch, le lieutenant du service topographique A. F. Dessauvagies, le contrôleur P. Schalk, l'arpenteur militaire Hoffmann, Mme Berlauwt (nommée aussi Vve Stralendorff), toute la famille du Régent, composée de 55 membres, le Patih, dont le cadavre fut retrouvé sans tête, le wedana et sa famille, le sous-collecteur, qui refusa de prendre la fuite et resta assis sur la caisse dont pendant 48 ans il avait eu la gestion; enfin un grand nombre d'indigènes, nombre qui pour Tjaringin seul est estimé à 1880, et pour le district entier à plus de 12000.

L'heure à laquelle eut lieu la grande dévastation n'est pas indiquée dans cette relation de M. Gaston; d'après une communication orale de l'auteur, il doit avoir été environ 10 heures lorsqu'éclata la violante détonation; la vague suivit de près, et ensuite survint l'obscurité. La vague, ou les vagues, qui déjà à $6^h\ ^1/_2$ et $7^h\ ^1/_2$

avaient occasionné tant de dégâts à Anjer, paraissent ne pas avoir été observées à Tjaringin, ou n'y avoir atteint, en tout cas, qu'une faible hauteur.

Au Sud de Tjaringin commence une large plaine alluviale, qui s'étend jusqu'à Panimbang, chef-lieu du district de ce nom, situé à 9 kilomètres de la côte; la bande plate se rétrécit alors jusqu'à Java's 3de Punt, où une chaîne de hautes collines s'avance dans la mer. Cette plaine a eu beaucoup à souffrir, à cause de sa situation très basse; l'eau y a fait irruption jusqu'à Panimbang, à exercé de grands ravages et a noyé une foule d'hommes. D'après le récit d'un Panghoeloe, qui s'était réfugié à Menes, la plage doit déjà avoir été submergée le Dimanche soir, à 6 heures, jusqu'a une hauteur de 2 mètres; il faisait déjà obscur à ce moment. Dans la matinée du Lundi, une faible clarté régna jusqu'à 9 heures, puis tout fut enveloppé d'épaisses ténèbres jusqu'au Mardi matin. Le Lundi matin il commença à tomber de la cendre, à laquelle plus tard se joignit de la boue. Environ à 8 heures (?) arriva la grande vague, qui inonda toute la plaine; 9 villages, tant grands que petits, furent détruits, et environ 700 habitants des sous-districts de Tjiseureuhum et de Perdana perdirent la vie. Un très petit nombre seulement parvinrent à se sauver (**84**). Les indications des heures sont probablement très inexactes.

Au *Sud de Java's 3de Punt, jusqu'à Java's 2de Punt,* les rivages de la Welkomstbaai ont également été inondés; heureusement cette côte ne comptait, comme toute la partie sud-ouest du Bantam, qu'une population très clair-semée. Suivant une communication du contrôleur VAN HEUTZ, de Menes, la vague doit avoir passé sur les terres très basses au sud de la Welkomstbaai, en se dirigeant vers le kampoeng Kaledjitan, situé sur la côte sud.

De *Java's 2de Punt jusqu'à Java's 1ste Punt,* où se trouve un phare en pierres, il n'y a eu de ravagée qu'une étroite bande de terre, avec deux petits kampoengs, sur les rivages de la Meeuwenbaai.

Le surveillant du phare, M. VAN MENS, m'a communiqué les interressants détails qui suivent, tirés du journal:

Dimanche 26 Août. Vers 2^h 30^m de l'après-midi, ciel très couvert au nord.

Vers 6 heures du soir, ciel partout sombre, sauf une éclaircie au S. O.

A 6^h 10^m, pluie de cendres sèches, mêlées de petits fragments de ponce.

A 7^h, vent tourné à l'est.

A 7^h 30^m, pluie de fine cendre, sans ponce.

A 7^h 50^m *fortes secousses de tremblement de terre*, tout oscillait.

A 10 heures, gros temps, avec tonnerre et éclairs, jusqu'à Lundi matin 4 heures.

Lundi 27 Août. A 1^h 30^m, 3^h et 4^h, fortes secousses de tremblement de terre(?)

A 4^h 30^m, pluie de cendres humides, accompagnée de pluie; vent S. O.

A 5^h 30^m, vent d'Ouest, petit frais.

A 6^h. Le jour n'arrivait pas; le feu du phare resta allumé.

A 7^h, vent au Nord, bourrasque.

A 7^h 30^m, ciel un peu éclairci.

A 7^h 45^m, éteint un instant le feu pour changer les mèches; pluie de cendre humide, vent au Nord.

A 8^h, rallumé le feu. Orage violent, ciel entièrement couvert.

A 9^h, temps encore plus mauvais; obscurité complète; vers 11 heures (peut-être un peu plus tôt) de fortes détonations furent entendues, des portes et des fenêtres s'ouvrirent violemment; en même temps la foudre tomba sur les bâtiments.

A 11^h 10^m, la foudre frappa le conducteur, qui fut brisé; elle se jeta alors, par l'entrée du phare, à l'intérieur, y blessa 4 des 10 forçats [uniquement ceux qui portaient un collier en

fer; ils furent roussis depuis ce collier jusqu'en bas (**84**[a])], fit un trou au pavé du phare, puis monta par l'escalier en fer jusqu'à la chambre de service.

A midi 40^{m}, orage violent et tremblement de terre (?)

A 1^{h} 30^{m}, temps un peu amélioré; obscurité persistante, vent très faible.

A 4^{h} de l'après-midi, vent au S. E. Toujours une fine pluie de cendre, jusqu'au Mardi 28 Août, à 1^{h} 30^{m} du matin.

Mardi 28 *Août.* A 6 heures le jour parut, et alors seulement on s'aperçut que la bande littorale était dévastée. Du phare construit sur un roc haut de 40 mètres, on n'avait, par suite de l'obscurité, rien vu de la grande vague; à en juger par la violence des bruits, elle doit y être arrivée vers 11 heures. (Voir la petite carte fig. 26).

A proximité du phare se trouvaient le long de la baie trois petits kampoengs, Tjikoejah, Roemah tiga et Oedjoeng-koelon, appelé aussi vulgairement Djoengkoelan (le phare même se nomme Tandjoeng Lajaran); 12 hommes y ont péri, et plus tard, parmi les 120 personnes qui s'étaient réfugiées dans le phare, 2 ont encore succombé par épuisement.

Au côté nord de l'île inhabitée *Meeuwen-eiland*, une étroite bande de terre a été inondée.

Les rivages nord et est de l'île montagneuse *Prinsen-eiland* furent également dévastés; un hadjie de Tjaringin, qui possédait le droit d'y couper du bois, et avec lui 55 autres personnes, habitant un kampoeng au côté nord de l'île, ont péri; nulle part on n'a trouvé de cadavres dans l'île. La hauteur de la vague y a été d'environ 15 mètres.

La secousse de 7^{h} 50^{m}, dans la soirée du Dimanche, était sans aucun doute, d'après M. VAN MENS, un tremblement de terre; les autres trépidations peuvent en partie avoir été produites par de fortes vibrations de l'air.

Le *littoral Sud du Bantam* n'a pas beaucoup souffert; il était protégé par la saillie que forme à l'ouest le cap de Java's 1ste Punt et par l'île Prinsen-eiland. Cependant une vague de 1 à 2 mètres a encore été vue à Binoeangan, où plusieurs prauwen (bâtiments indigènes) furent brisés (**85**). Plus à l'est, dans le sud de Lebak, on ne remarqua pas de vagues, mais dans tout ce district il tomba de la cendre; il en fut de même pour le district de Pandeglang.

Retournons maintenant à Merak et suivons la côte jusqu'à la limite de Tangerang.

De *Merak jusqu'à la St. Nikolaaspunt* les collines se prolongent jusque tout près de la mer, la zone dévastée est en conséquence très étroite, et les quelques kampoengs qu'on y rencontre ont été préservés par leur situation élevée.

A *l'Est de la St. Nikolaaspunt*, jusqu'au kampoeng *Bantam*, le littoral a été peu éprouvé, bien abrité qu'il était contre la vague arrivant de l'ouest. Les rapports indiquent que la mer n'y a monté que de deux mètres au plus, tandis que de l'autre côté de la St. Nikolaaspunt, elle s'est élevée à plus de 30 mètres.

A *l'Est du kampoeng Bantam, par Lontar jusqu'à Tanara*, situé au bord du Tji Doerian, rivière qui marque la limite du Bantam et du Tangerang, de grands ravages ont eu lieu, les vagues ayant inondé les terres à une distance de plus de 1 kilomètre $^1/_2$, et s'étant même avancées en quelques points jusqu'à 2 kilomètres: Karang Antoe, le lieu de débarquement au nord de Sérang dans la baie de Bantam, puis, plus à l'est, dans le district de Tanara, les kampoengs Lontar, Tangkoerak, Pasir-Pandjang et Pegadoengan furent totalement dévastés; un grand nombre d'hommes perdirent la vie. Ici également, l'eau paraît ne s'être élevée qu'à 2, ou tout au plus à 3 mètres, mais la vague avait bien plus de force qu'aux points précédents et exerça, par suite, une action plus destructive.

Sur la côte Sud de Java, au-delà de Binoeangan, dans le Bantam, la vague a encore été observée à la *Wynkoopsbaai* (*résidence de Preanger*), où toutefois elle n'a pas occasionné de dégâts, la crue de l'eau ayant été insignifiante (**85***); plus loin, on l'a remarquée dans les districts

de Soekapoera-Kollot et de Soekapoera; pour la hauteur, on a donné de 1 à 2 mètres, pour le temps, le 27 entre 3 et 4 heures de l'après-midi, indications très vagues, comme on le voit (**86**).

A Tjilatjap, *résidence de Banjoemas,* une vague qui fit chasser sur leurs ancres une dizaine de prauwen, paraît être arrivée le 27 Août, le matin de bonne heure; pendant toute la journée l'eau présenta des mouvements considérables, et à 5 heures de l'après-midi, elle dépassa de 2 mètres le niveau habituel de marée haute; tous les prauwen ancrés en rade démarrèrent, et une partie de la localité fut submergée à une hauteur de $^1/_3$ à $^2/_3$ de mètre. Dans la Kinderzee il n'y eut pas de dégâts (**87** et **88**).

En pensée nous traversons maintenant le détroit, pour suivre la trace des dévastations le long du littoral des districts des Lampongs, dont l'aspect, après l'éruption, n'était pas moins désolant que celui du Bantam. Sumatra, comme on sait, finit au sud en trois grandes pointes: l'occidentale porte le nom de Vlakken Hoek, l'orientale, en face de Merak, celui de Varkenshoek, tandis que la pointe du milieu, qui s'avance en mer vis-à-vis de l'île Lagoendi, n'a pas de dénomination spéciale. Ces trois langues de terre renferment entre elles deux baies, dont l'orientale est connue sous le nom de Lampongbaai, et l'occidentale sous celui de Semangkabaai. La grande vague venant de Krakatau a inondé, depuis le Vlakken Hoek jusqu'au Varkenshoek, tout le littoral des baies de Semangka et de Lampong et, en même temps, nombre de kampoengs situés dans les parties basses. Nous commençons la description du côté de l'est, près de *Ketimbang.*

Sur cette localité j'ai reçu des communications orales détaillées du contrôleur Beyerinck, qui voulut bien me raconter tout ce dont il put se ressouvenir. Lui-même reconnaît que ses indications de temps peuvent être en partie inexactes, car la série d'évènements du 26 et du 27 Août lui fait l'effet d'un mauvais rêve. On le comprendra aisément lorsqu'on saura dans quelle triste situation il s'est trouvé, avec sa femme et trois enfants, pendant ces deux journées et celles qui les suivirent.

D'après lui, on doit avoir observé à Tjanti dans la soirée du

Dimanche vers 6h $^{1}/_{4}$, ainsi qu'à Ketimbang à 6h $^{1}/_{2}$, un mouvement extraordinaire de l'eau, mouvement qui à Tjanti jeta un prauw contre le rivage et le fit sombrer. Le soir, entre 9? et 10? heures, il arriva de nouveau des vagues, mais plus hautes cette fois, et qui atteignirent même les dépendances de l'habitation du contrôleur. Celui-ci se décida alors à prendre la fuite, avec sa famille et le commis-greffier Tokaya, vers un petit kampoeng, nommé Oemboel Balaq, situé au-delà de Tjanti, sur le penchant du Radja Bassa. Un des serviteurs resta dans la maison à Ketimbang, mais au milieu de la nuit il dut l'abandonner à son tour, parce que, vers 2 heures, à son dire, elle avait été soulevée par une vague et arrachée de son soubassement. Le matin du 27 Août, vers 6 heures, le contrôleur envoya quelques indigènes en reconnaissance; il revinrent bientôt, apportant la nouvelle que Ketimbang avait entièrement disparu. Ce lieu étant situé très près de la mer et très bas, la même onde, qui à 6h $^{1}/_{2}$ du matin dévasta Anjer, paraît donc avoir inondé aussi Ketimbang. Pendant toute la nuit il tomba déjà de petites pierres et de la cendre, et jusqu'au Dimanche soir à 11 heures il était aussi tombé une pluie torrentielle; le Lundi matin, vers 9? ou 10? heures, commença une grêle de fragments de ponce, dont quelques-uns de la grosseur de la tête (?). Depuis le Dimanche soir on entendait continuellement des détonations, et le Lundi, dès 6 heures du matin, une odeur de soufre se fit sentir; les détonations acquirent le plus de violence vers 10 heures, et bientôt après il devint obscur; vers midi, par une obscurité profonde, commença à tomber de la cendre *brûlante*, qui occasionnait à la peau une sensation très douloureuse; pendant cette chute, dont la durée plus ou moins incertaine a peut-être été d'un quart d'heure, on percevait une odeur sulfureuse étouffante. A la cendre brûlante succéda de la fange froide, qui, toute désagréable qu'elle fut, restant attachée aux mains et au visage, semblait déjà un soulagement après les brûlures produites par la cendre. La pluie de boue et de cendre continua pendant toute la journée du Lundi, jusqu'à la nuit, peut-être même jusqu'au Mardi matin; la lumière ne reparut pas de tout le Lundi. De fortes décharges électriques furent entendues dans la

direction de Krakatau ainsi que, plus tard, à moindre distance. Le contrôleur, sa femme et deux enfants, passèrent misérablement 5 jours entiers sous un petit hangar, environnés d'une foule d'indigènes blessés, qui s'étaient réfugiés en ce lieu. Les brûlures, non soignées, leur causaient à tous de vives souffrances, et le plus jeune enfant du contrôleur y avait déjà succombé. Enfin ils furent tirés de cette terrible situation par le hopperbarge *Kedirie*, qui le Samedi matin, 1er Septembre, jeta l'ancre dans la rade de Kalianda. Le commandant 'T HOEN et quelques autres personnes descendirent à terre, et ayant appris que le contrôleur et sa famille se trouvaient à Oemboel Balaq, se dirigèrent immédiatement vers cet endroit. A l'aide de tandoes (chaises à porteurs en bambou ou en bois) on transporta nos pauvres compatriotes au rivage, et le même jour le *Kedirie* appareilla pour Batavia, où, le lendemain, la famille BEYERINCK entra à l'hôpital. Je suis heureux de pouvoir ajouter que toute la famille est heureusement rétablie (**89** et **90**).

Il résulte de rapports postérieurs que tout le littoral, depuis le Varkenshoek jusqu'à Teloeq Betoeng, a été devasté par une vague, haute en moyenne de 24 mètres; le nombre des victimes, pour le seul district Ketimbang ou IV Marga's (sans les îles), est porté à environ 4900. La largeur de la partie inondée est minime, vu que partout le sol s'élève bientôt.

Sur *la côte Est de Sumatra*, au nord du Varkenshoek, la vague a été, comme on pouvait le présumer, beaucoup moins haute, à cause de la situation couverte de cette côte; les kampoengs Laboean-Maringai et Tjabang, à l'embouchure de la rivière Sepoeti, éprouvèrent des dommages matériels, mais on n'eut pas à y déplorer la perte d'hommes; en mer, toutefois, un prauw chavira, et 5 personnes se noyèrent (**91**). A l'embouchure de la rivière Toelang Bawang, près de Teladas, l'eau doit s'être élevée de $1^m,60$: les données d'heure et de hauteur sont vagues. Pour Laboean-Maringai on indique l'heure de midi, 27 Août, et la hauteur de $1^m \, ^1/_2$ au-dessus du niveau maximum ordinaire. A Tjabang on a compté, entre 3 heures de l'après-midi (le 27) et 6 heures du matin (le 28) 11 vagues, d'une

hauteur moyenne de $0^m,75$. A Teladas on doit avoir observé une vague à 7 heures du soir, le 27 (c'est probablement par erreur que le rapport dit le 26) (**92**).

La localité de *Kalianda*, au nord de Ketimbang, est totalement dévastée; l'onde y a fait irruption jusqu'au kampoeng Kebang Teloeq, en s'élevant à 24 mètres au-dessus du niveau de la mer (voir la carte fig. 25).

Teloeq Betoeng, chef-lieu des Lampongs, a été presque entièrement détruit par la vague; pour comparer ce que cette localité était autrefois, à ce qu'elle est aujourd'hui, on peut consulter les petites cartes fig. 27 et fig. 28; la première est un plan levé en Décembre 1877 par le conducteur des mines J. F. de Corte, et déjà publié dans le *Jaarboek van het Mijnwezen*, 1881, tome I; la seconde petite carte, dressée au mois d'Octobre 1883, représente le Teloeq Betoeng dévasté. Toute la plaine, teintée en brun, a été inondée et totalement ravagée; la Résidence et le fort, bâtis sur une colline, et où heureusement tous les Européens et beaucoup d'indigènes de la plaine s'étaient réfugiés, la prison et le cimetière ont seuls été épargnés. Encore s'en eut-il peu fallu que ces édifices eux-mêmes n'eussent été emportés, car ils ne se trouvaient qu'à 24 mètres au-dessus du niveau de la mer; or, la vague a envahi la colline jusqu'à une hauteur de 22 mètres, et ne s'est arrêtée, comme je l'ai reconnu sur les lieux aux morceaux de bois qu'elle avait charriés, qu'à une distance de 30 mètres de la Résidence. Cela n'a été vu, toutefois, d'aucun de ceux qui y avaient cherché un abri, car, de même qu'en tant d'autres endroits, il régnait ici une obscurité profonde, lorsqu'arriva l'onde la plus forte.

Sur Teloeq Betoeng nous possédons un rapport officiel du résident N. Altheer (**93**), ainsi qu'une relation du contrôleur J. F. Wynveldt (**94**). En outre, des détails m'ont été donnés de vive voix, à Teloeq Betoeng même, par deux personnes qui avaient assisté à la catastrophe (**95** et **96**). Ces quatre récits diffèrent notablement en ce qui concerne les indications d'heures; selon deux d'entre eux, la violente détonation eut lieu à $8^h\,{}^1/_2$ ou 9 heures; selon les deux autres à 10

heures. Il ne peut être question ici de deux détonations différentes, car, au dire de tous les témoins, on n'a entendu en ce lieu, à part les bruits sourds, qu'une seule explosion très violente. Comme l'obscurité survint très rapidement après cette détonation, il ne peut, à mon avis, avoir été moins de 10 heures lorsque celle-ci éclata, et les autres indications de temps doivent donc reposer sur une erreur.

A ces diverses communications j'emprunte ce qui suit.

Dans la soirée du 26 on entendit, à 4 heures, une forte explosion; un des rapports parle aussi de secousses du sol, mais il s'agissait sans doute de vibrations de l'air et d'ébranlements des maisons. A 6 heures arriva la première vague, qui inonda la jetée du port, de sorte que les promeneurs qui s'y trouvaient, durent fuir en toute hâte. Une partie de la jetée, sur une longueur d'environ 125 mètres, fut déjà emportée à ce moment, ou, selon d'autres, plus tard dans la soirée, vers 11 heures. Quelques petits bâtiments échouèrent au rivage, des maisons situées au bord de la mer, dans le kampoeng Kankoeng, furent renversées, et le pont sur la rivière Koeripan ou Teloeq Betoeng fut endommagé par des prauwen, qui vinrent le heurter. La pluie de cendre, qui avait déjà commencé à tomber dans la soirée du 25, augmenta à $6^h\ 30^m$ (le soir du 26), et à la cendre se mêlaient des fragments de ponce, de la grosseur d'une fève; il y a incertitude quant à l'apparition de nouvelles vagues importantes pendant la nuit: un des récits parle de hautes eaux au kampoeng Kankoeng, le 27, à $1^h\ 30^m$ du matin. Le vapeur *Gouverneur Generaal Loudon* était arrivé en rade le Dimanche soir à $7^h\ 30^m$, mais l'étàt houleux de la mer l'avait empêché de communiquer avec la terre.

Le matin du 27, à environ $6^h\ 30^m$, arriva une forte lame, qui renversa, sur la digue du port, le fanal, le hangar au charbon et le magasin, et, soulevant le steamer *Barouw* du côté oriental de la digue, le porte, par-dessus la crête, dans le quartier Chinois. L'entrepôt du sel fut endommagé, et la vague rasa le kampoeng Kankoeng ainsi que les autres kampoengs situés au bord de la mer. La *Marie*, bâtiment servant au transport du sel, et mouillé en rade, fut jetée sur le côté, mais se releva. La dévastation eut pour témoins

les passagers du *G. G. Loudon* (voir plus loin); vers 7 heures on vit partir ce steamer.

Une des relations mentionne encore une vague à $7^h\ 45^m$; dans un gardoe (maisonnette de garde) l'eau se serait élevée à la hauteur de 1 mètre, ainsi qu'on le reconnut lorsque, après le retrait de cette vague, on se risqua de nouveau dans la plaine. Les autres récits ne parlent pas de cette seconde lame; la fuite générale vers les hauteurs avait déjà commencé après 6 heures, mais il y avait encore continuellement des personnes qui retournaient dans la plaine pour y sauver ce qu'elles pouvaient, et il est très possible que ces personnes aient remarqué des vagues, qui échappaient aux fugitifs plus éloignés de la mer. D'après des communications orales, plusieurs Européens seraient encore descendus des hauteurs après 9 heures, peut-être même à $9^h\ 30^m$, pour reconnaître l'état des choses.

Le ciel était de couleur cuivrée, dans la direction de Krakatau apparaissaient incessamment des éclairs, la chute de cendre continuait, mais, après 8 heures, la mer était redevenue assez calme.

A 10 heures (un autre rapport parle de $9^h\ ^3/_4$, d'autres encore de 9^h ou $8^h\ ^3/_4$, un même de $8^h\ ^1/_2$) éclata soudain une détonation pareille à une décharge d'artillerie entendue de très près, qui glaça tout le monde de terreur. En même temps, une lueur et des éclairs continuels se voyaient dan la direction de Krakatau. Bientôt après cette explosion, le jour s'assombrit beaucoup, et, outre la cendre, il se remit à tomber de petits fragments de ponce. A $10^h\ ^1/_2$ ou $10^h\ ^3/_4$ il faisait déjà complètement obscur, et la pluie de cendre fut alors remplacée par une forte pluie de boue, qui dura environ $1^h\ ^1/_2$. Ensuite recommença la pluie de cendre, qui continua jusqu'à 3 heures de la nuit (le 28), moment où pour la première fois la lune éclaira faiblement le théatre de la dévastation. Ce qui eut lieu après $10^h\ ^1/_2$ du matin, personne n'a pu l'observer, tout étant caché dans une obscurité profonde, qu'on a décrite, comme »plus noire que la plus noire nuit." Les fugitifs rassemblés dans la Résidence entendirent seulement un fracas épouvantable, occasionné surtout par un vent violent, qui brisait arbres et branches et lançait avec force la boue contre les

portes et les fenêtres. Le mugissement du vent dominait presque tous les autres bruits; pourtant quelques personnes croient avoir entendu le grondement des flots qui battaient impétueusement la colline. Il est certain, en tout cas, qu'aucun des assistants n'a aperçu la grande vague, dont ils n'étaient éloignés que de 30 mètres, et qui est restée de 2 mètres à peine au-dessous de la maison où ils s'étaient réfugiés. Rien ne prouve mieux combien les ténèbres qui régnaient à ce moment, probablement entre $10^h\ 30^m$ et 11 heures, doivent avoir été profondes.

Ce n'est que le Mardi matin, vers 6 heures, qu'on put mesurer toute l'étendue du désastre. Jetons un coup-d'oeil sur la petite carte fig. 28. La plaine entière, jusqu'au pied de la colline, était jonchée de débris de maisons, d'arbres, de bois flottants, de barques fracassées, de cadavres d'hommes et d'animaux; pas une seule habitation, pas un seul arbre n'était demeuré debout. Au mois d'Octobre je pus me convaincre de la réalité de ces faits: tout avait été balayé, il ne restait que les susdites épaves, dispersées dans la couche de cendre humide, épaisse d'environ $^1/_3$ de mètre. Le vapeur *Barouw* avait disparu, et fut retrouvé plus tard assez haut dans la vallée de la rivière Koeripan, derrière un repli de cette vallée, à 3300 mètres de distance de son mouillage en rade, et à 2600 mètres du point du quartier Chinois où il avait été lancé le matin. De nombreux petits prauwen étaient échoués sur les bords de la vallée, une balise flottante fut retrouvée sur le penchant de la colline, à l'ouest du cimetière. (Voir la petite carte fig. 28). Seul le transport à sel, la *Marie*, avait été préservé, et, à l'étonnement général, se balançait paisiblement en eau profonde.

Comme on l'apprit plus tard, l'entrée de la baie de Lampong avait été, dans les premiers jours après l'éruption, obstruée par de grandes masses de ponce flottante, et celle-ci, pénétrant dans la baie, ne tarda pas à couvrir toute la nappe liquide depuis Teloeq Betoeng jusqu'à Gebang au côté Ouest, et jusqu'aux îles Tjondong au côté Est de la baie. Il en résulta que pendant plusieurs mois le chef-lieu du district resta inaccessible par mer, et que le transport de vivres

et autres articles, venant de Batavia, dut, à partir de la baie de Ratai, se faire par la voie de terre. Ce n'est qu'au mois de Décembre, et grâce aux vents du N. et du N. O., que la baie redevint libre (26*). A la fin d'Octobre je la trouvai encore, devant Teloeq Betoeng entièrement recouverte d'une couche de ponce gris-jaunâtre, qui faisait songer à de la glace salie. Cette mer à surface pétrifiée et d'un aspect si étrange, la plaine nue et morne de Teloeq Betoeng, le feuillage flétri des arbres restés debout sur les collines et les montagnes, tout cet ensemble produisit sur moi, qui en 1877 avais connu ces lieux dans un état très florissant, une impression indescriptible.

A Teloeq Betoeng trois Européens seulement ont péri: le 1er lieutenant au long cours AMT et le machiniste STOLK, tous deux du vapeur *Barouw*, et un fusilier Européen. Le nombre des indigènes disparus sera donné plus tard.

La *côte Ouest de la baie de Lampong* a aussi été inondée, et plusieurs kampoengs y ont été rasés complètement. Seuls, Menanga, au bord de la baie de Ratai, et Hoeroen eurent, par suite de leur situation abritée, moins à souffrir.

Baie de Semangka. Tous les kampoengs assis au bas du rivage ont été dévastés; c'est dans la plaine du delta, à l'embouchure de la rivière Semangka, que l'inondation s'est propagée le plus loin. La destruction de *Beneawang*, chef-lieu du district, situé à l'extrémité nord de la baie, nous a été décrite par le contrôleur P. L. C. LE SUEUR (27). Déjà le Dimanche 26 Août, vers le soir entre 5 et 6 heures, arriva une première vague, qui inonda une partie du kampoeng, sans causer d'ailleurs de graves dégâts; elle fut suivie d'une pluie de cendre grossière (sable). La nuit, entre 4 et 5 heures, une grande étendue du ciel présentait une clarté rougeâtre. Le Lundi matin (27), après 6 heures, la mer était très basse, de sorte que beaucoup de récifs devinrent visibles. Quelque temps après 7 heures (l'indication exacte fait défaut) l'eau remonta de nouveau, mais paraît s'être retirée, sans avoir occasionné d'inondation importante. Bientôt, toutefois, survint une vague beaucoup plus forte, qui balaya la maison du contrôleur et plus de 300 indigènes qui s'y étaient réfugiés. Le

contrôleur fut entraîné par le courant, mais reprit pied lorsque l'eau se retira. Il se couvrit la tête de ses vêtements pour se garantir de la pluie de boue; à ce moment, il faisait déjà obscur, paraît-il; quant à l'heure où cette obscurité avait commencé, on ne la mentionne pas. Plus tard arriva une nouvelle vague; d'après la relation écrite de M. Le Sueur, ce fut peu de temps après la première; toutefois, au mois d'Octobre, il me communiqua de vive voix, à Batavia, que l'intervalle entre les deux ondes pourrait bien avoir été plus considérable: il lui était impossible de préciser les heures. Lors de cette nouvelle irruption de l'eau, il fut soulevé violemment, tourné en rond et lancé au loin; heureusement il se cramponna à un tronc d'arbre, avec lequel il flotta jusqu'à ce que, l'eau baissant, il sentit pour la seconde fois la terre sous ses pieds. (Eu égard aux observations faites au Vlakken Hoek, dont il sera parlé plus loin, je présume qu'il était déjà passé 10 heures, lorsque cette dernière vague inonda Beneawang). Après qu'il fut resté pendant une grande heure, croit-il, dans la pluie de boue et dans les ténèbres, quelques indigènes passèrent à l'endroit où il était assis; il se joignit à eux et ils continuèrent leur marche dans l'obscurité, à travers la fange par-dessus les arbres renversés et les broussailles; à la fin ils rencontrèrent un homme portant un obor (torche), qui les conduisit à travers la fôret au kampoeng Kasoegihan, et de là à Penanggoengan, où ils n'arrivèrent que le soir vers 8 heures. Mais, là non plus on ne s'estima en sûreté, et, après une heure environ de repos, on se rendit au village de Pajoeng, situé sur le versant du Keizerspiek (Goenoeng Tangkamoes), à environ 2 lieues de Beneawang.

A Beneawang périrent approximativement 250 indigènes, et presque tous les chefs du district, assemblés en ce lieu pour la réception du résident, qui devait y arriver le 27; le commis-greffier van Zuylen, le seul Européen, outre le contrôleur, qui se trouvât à Beneawang, y perdit également la vie.

D'après le rapport du contrôleur Le Sueur, tous les kampoengs situés le long de la plage, *au côté Oriental et au côté Occidental de la baie jusqu'au Vlakken Hoek*, sont dévastés, la plupart totalement,

quelques-uns en partie; rien qu'à Tandjoengan et dans le kampoeng voisin Tandjoeng Bringin, 327 personnes ont disparu, à Betoeng, non loin de Tandjoengan, 244. A Tampang, sur la baie de Tampang, village que je visitai en Octobre, il n'y avait plus une seule maison; un petit groupe de cocotiers, à branches brisées et à feuilles flétries, indiquait seul la place qu'avait occupée le kampoeng.

La *grande île de Taboean*, à l'entrée de la baie de Semangka, fut également visitée à cette occasion; l'eau s'est élevée à une grande hauteur contre les parties Est et Sud de l'île, mais dans le kampoeng, situé très près de l'extrémité nord-ouest, elle n'a heureusement produit que peu de dégâts, parce que la force et la hauteur des vagues étaient ici notablement moindres qu'à l'extrémité sud. Des informations postérieures ont appris que *dans toute la résidence des Lampongs* il est tombé de la cendre, mais de la boue, seulement dans les districts méridionaux; sur la grande route qui mène de Teloeq Betoeng à Mengala, la pluie de boue a été observée jusqu'à Tegi Nenang, kampoeng situé au bord de la rivière Sekampong; les ténèbres se répandirent, entre 10 et 11 heures du matin (le 27), sur la province entière (28).

Continuant notre route le long de la côte, vers le Vlakken Hoek, nous entrons sur le territoire de la résidence *Benkoelen.*

Le beau phare en fer a résisté à la violence des vagues, quoique l'eau l'ait envahi jusqu'à la hauteur de 15 mètres; mais les bâtiments en fer et en pierres avoisinants ont tous disparu; l'onde s'est précipitée par les terres plates qui s'étendent près du phare vers les kampoengs Laboean-Blimbing et Blimbing, sur la baie de Blimbing, et les a dévastés en partie, catastrophe qui coûta la vie à 34 personnes (29). La forêt, telle que je la vis au mois d'Octobre, était un vrai chaos d'arbres renversés et enchevêtrés l'un dans l'autre; on y retrouva, à une distance considérable du phare, des morceaux de fer de l'établissement et des cadavres de forçats (condamnés qui travaillaient près du phare).

Le surveillant du feu, F. Hamwyk, grièvement blessé, avait déjà été transporté à Batavia, le 4 Septembre; étant allé l'y voir je reçus

de lui les communications suivantes, presque entièrement d'accord avec les détails qui m'ont été donnés au mois d'Octobre, au phare même, par un mandoer garde-feu. Le journal du phare s'est perdu lors de l'inondation.

Dans la nuit du Dimanche au Lundi, à 1 heure du matin, il y avait eu haute eau, mais pas d'inondation; le mandoer garde-feu croit même que la mer avait déjà été haute le Dimanche soir. Le 27, à 6 heures du matin, un faible crépuscule se montra; le feu fut éteint, mais on ne tarda pas à le rallumer, vu que l'obscurité revenait. A 10 heures la foudre s'abbattit sur le phare, des détonations furent entendues ce matin-là depuis 8^h jusqu'à midi. A $10^h\ 30^m$ survint la grande vague, qui emporta tout, sauf le phare. M. Hamwyk se trouva pris sous les débris de la cuisine, qui s'était écroulée, ne se dégagea qu'après de longs efforts, et se réfugia dans le phare. L'eau monta et se retira jusqu'à trois reprises, et il croit se rappeler que ce fut dans l'espace d'une demi-heure. De la cendre commença à tomber le Dimanche soir à $6^h\ ^1/_2$, et cette chute continua jusqu'au Lundi soir, $10^h\ ^1/_2$; l'obscurité ne se dissipa pas de toute la journée; il n'était pas tombé de boue, suivant M. Hamwyk.

Du personnel du phare ont péri: 1 mandoer et 10 forçats; 2 des 5 garde-feu indigènes et 4 forçats reçurent des blessures et furent transportés le 4 Septembre, avec M. Hamwyk, à Batavia.

Au Nord de Blimbing, la vague n'a plus occasionné que quelques légers dommages au kampoeng *Benkoenat*, où une couple de maisons s'effondrèrent; au-delà de ce point on n'a pas signalé de dégâts.

A Kroë et à l'île voisine Pisang la vague n'a pas été aperçue, on y a seulement remarqué que la mer refluait plus loin qu'à l'ordinaire. L'île, aussi bien que Kroë, est protégée par la pointe saillante de l'extrémité sud de la baie, ce qui peut expliquer pourquoi la vague, très nettement accusée plus au nord, n'a pas fait irruption en ces lieux.

Du contrôleur de Kroë, le Dr. D. W. Horst, nous possédons encore les notes suivantes sur les phénomènes qu'on y a observés le 27 Août (**190**).

Kroë, le 26 *Août* 1883. Depuis cette après-midi 3 heures on entend continuellement dans la direction S. E. des bruits pareils à des coups de canon, alternant avec des roulements tels que ceux du tonnerre. Les bruits s'accompagnent de vibrations et de secousses, qui font branler les portes.

27 *Août*. La nuit, à 3 heures (le 27 au matin), il tombe une pluie serrée de cendre; les bruits, qui avaient diminué après le coucher du soleil, ont repris de l'intensité.

6 *heures* du matin. Une couche de cendre gris-jaunâtre de 4 millimètres d'épaisseur, recouvre tout. On sent une odeur de soufre. Le ciel est grisâtre et le soleil obscurci. Il tombe une pluie de cendre finement divisée.

8—10 *heures*. Chute de cendre fine. On ne perçoit aucun bruit.

10 *heures*. Le thermomètre marque 73° Fahr. Le ciel est complètement obscurci. A l'intérieur on ne voit plus pour écrire. L'air est partout sillonné d'éclairs, accompagnés de grondements de tonnerre continuels. L'obscurité augmente de plus en plus.

10^h 30^m. Il fait nuit complète. Le grondement de tonnerre continue.

11 *heures*. L'obscurité devient plus profonde que celle de la nuit. Il tombe une pluie serrée de cendre grossière. On ferme portes et fenêtres. On bouche toutes les ouvertures pour empêcher l'entrée de la fine cendre.

Midi. D'épaisses ténèbres nous enveloppent. La cendre devient plus fine et fait moins de bruit en tombant; roulement de tonnerre continuel, entrecoupé de détonations crépitantes. On se pourvoit à l'intérieur du nécessaire, afin de pouvoir tenir le plus longtemps possible. Thermomètre à 73° Fahr. Le vent a faibli. Il fait moins froid. La pluie de cendre diminue, le vent a tourné à l'Ouest.

Midi 30^m. Ténèbres épaisses. La chute de cendre a

presque entièrement cessé. Un éclair formidable, suivi d'un coup de tonnerre, sillonne le ciel.

1 *heure.* Le vent est à l'Ouest. La cendre est chassée de l'Ouest.

3 *heures.* Les intervalles entre les grondements de tonnerre se prolongent. La pluie de cendre diminue.

4h 30m. Ténèbres épaisses. Une détonation violente fait tout vibrer.

6 *heures.* Ténèbres épaisses. Thermomètre à 73° Fahr. Depuis le 27, à 6 heures du soir, jusqu'au 28 à 6 heures du matin, les bruits diminuent.

28 *Août.* 6 *heures* du matin. Il tombe toujours de la cendre fine, çà et là sont tombées en grand nombre des mouches lumineuses. La clarté revient, et il fera bientôt grand jour; le ciel est gris de cendre; tout est recouvert d'une couche de cendre d'un blanc grisâtre, épaisse de 5 centimètres et qui, à distance, ressemble à de la neige. Qeulques toits menacent de s'affaisser sous le poids.

8 *heures.* Partout on débarrasse les toits de la cendre; le soleil est faiblement visible.

9 *heures.* Il arrive de nouveau de la cendre fine du S. E. Thermomètre à 81° Fahr.

11 *heures.* La pluie de cendre fine continue. Thermomètre à 87° Fahr.

Si une aussi belle série d'observations, ***notées à l'instant même***, avait été faite en tous les points de Sumatra et de Java, où se trouvaient des Européens, nous n'aurions pas reçu tant d'informations embrouillées et inexactes sur les phénomènes eux-mêmes et sur les temps des principaux évènements. Tout ce qui, plus tard, a dû être écrit de mémoire, n'a q'une valeur très relative.

Sur toute la côte de Benkoelen, à l'exception de Kroë, dont il vient d'être question, on a observé des vagues, savoir: à l'embouchure de [la r]ivière Sambat, non loin de Bintoehan, district de Kauer; entre [Tanjon]g-Goetji et Kedoerang, vague haute de 2 mètres au moins,

puisque la route a été inondée; à Manna (11 heures?) et une seconde vague à midi, le 27; la mer ne se retira que vers $10^h\ ^1/_2$, elle avait monté, dit-on, de 1 mètre au-dessus du niveau de marée haute; à Pino, hauteur 2 à 3 mètres, les sawah's (rizières) aux bords de la rivière Pino furent inondées jusqu'à 2 kilomètres de son embouchure; les 4 dernières localités se trouvent toutes dans le district Manna; à Seloema, district Seloema; à la baie de Poeloe et près de Taba-Badjau, district Ommelanden de Benkoelen; au chef-lieu Benkoelen même, où, dit-on, l'eau à monté de 1 mètre au-dessus du niveau de marée haute, et baissé de 1 mètre au-dessous du niveau de marée basse; à Laïs et environs, district Laïs; à Seblat et à Mokko-Mokko, district Mokko-Mokko, hauteur de l'eau, 1^m à $1^m\ ^1/_2$ au-dessus du niveau de marée haute. Les indications de temps, fournies probablement en majeure partie par des indigènes, sont manifestement si inexactes et si vagues (par ex. entre 10 et 5 heures!), qu'elles ne valent pas la peine d'être mentionnées ici; les données de hauteur ne méritent pas non plus beaucoup de confiance (**101**). Dans un autre rapport il est dit qu'à *Benkoelen*, à 11 heures, la mer commença par se retirer, de sorte que la plage, sur une largeur de 50 mètres, fut mise complètement à sec. Beaucoup de poissons et de tortues, ainsi que deux lamantins (vache marine, en malais: *doejoeng*, Halicore indica, Desmarest), restèrent sur le sable et furent pris par la population. Ensuite l'eau revint (quand?) et ce flux et reflux se répéta plusieurs fois jusque dans la nuit du 27 au 28 Août. Après 10 heures le jour s'assombrit à Benkoelen, à 11 heures il faisait obscur, à midi il commença à tomber de la cendre, ce qui continua jusqu'au 28, à 11 heures du matin (**102**). Dans la résidence entière il tomba de la cendre, le plus abondamment dans le district de Kroë, et de là, vers le nord, en quantité décroissante, de sorte qu'aux confins du district de Mokko-Mokko et de celui d'Indrapoera (Côte Ouest de Sumatra) on n'observa presque pas de cendre. Comme, d'après une communication du Gouverneur de la Côte Ouest de Sumatra, il n'est nulle part tombé de cendre dans cette province (**103**), la limite des cendres s'infléchit près de Mokko-

Mokko au nord, et traverse Sumatra, en se dirigeant vers Bengkalis (voir ci-après).

A *Painan* (*Résidence des bas-districts de Padang*) des vagues ont été observées le 27: la première paraît avoir atteint sa plus grande élévation, d'environ 3 mètres au-dessus du niveau de marée haute, vers 1^h 15^m ou 1^h 30^m de l'après-midi, après que, vers 1 heure, l'eau eut d'abord subi une dépression; à 1^h 30^m l'eau était de nouveau très basse, à environ 2 mètres au-dessous du niveau de la marée basse ordinaire; vers 2 heures il arriva une seconde vague, qui, d'après le rapport, dépassa de 4 métres le niveau maximum du flux ordinaire. Ces oscillations furent observées jusqu'à 7 heures du soir. Les indications d'heure et de hauteur me paraissent incertaines (**104**).

De *Padang* nous possédons une série d'excellentes observations sur l'arrivée et le retrait des vagues, observations faites par le maître du port E. Roelofs (**105**). La première vague atteignit son niveau maximum à 1^h 25^m, la deuxième à 2^h 20^m, la troisième à 3^h 12^m· celle-ci fut la plus haute de toutes, l'eau s'éleva jusqu'à 4 centimètres au-dessous de la crête du mur de quai devant le bureau du port; à cette ascension succéda aussi la plus forte dépression: la différence entre le niveau maximum et le niveau minimum fut de 1^m,74. Il est digne de remarque qu'on a observé ici le même phénomène qu'en des lieux bien plus éloignés (voir ci-après), savoir, que ce n'était *pas* la première vague, mais l'une des suivantes, qui s'élevait le plus haut. En tout on a noté à Padang, jusqu'à 7^h 30^m du matin du 28 Août, 13 ondes, qui diminuèrent graduellement en hauteur. Elles accusent une période assez régulière de 1 heure, tant pour la haute eau que pour la basse eau.

A *Ajer Bangies* paraît s'être produit, le 27 Août, un soulèvement assez considérable de la mer, car une partie de cet endroit fut submergée. Des renseignements plus précis font défaut (**106**).

Des *localités situées plus au nord*, le long de la côte Ouest de Sumatra, aucune communication n'a été reçue, que je sache, au sujet d'une vague extraordinaire.

Retournons donc vers le Détroit de la Sonde, et arrêtons nous un instant aux îles *Sebesi* et *Seboekoe*.

impossible de savoir au juste ce qui s'est passé ici, car *pas un seul* des habitants de ces îles n'est resté en vie. La grande vague d'environ 10 heures a du y atteindre une hauteur de plus de 30 mètres, en balayant, avec tous leurs habitants, quatre kampoengs florissants, situés dans la plaine de Sebesi, ainsi qu'un kampoeng situé à la pointe septentrionale de Seboekoe ketjiel (Beschutters-eiland). (Voir les petites cartes fig. 22 et fig. 23). Le nombre des victimes est évalué pour Sebesi à 3000, et pour Seboekoe ketjiel à 150; la grande île Seboekoe n'était pas habitée.

Dans la *résidence de Sumatra's Oostkust* on n'a pas remarqué la grande vague; il y est seulement tombé un peu de cendre, jusqu'au-delà du chef-lieu Bengkalis (**107**).

Sur la côte de la *résidence de Palembang*, les ondes ont également passé inaperçues; dans toute cette province il tomba de la cendre: l'obscurité qui, le 27, survint à Moeara Doea vers 10 heures, à Batoe Radja vers 11 heures, et à Palembang vers 1 heure, permet de conclure que l'épaisseur du nuage de cendre était encore très considérable (**108** et **109**).

Aux îles de la *résidence de Riouw* la mer n'accusa pas de mouvements extraordinaires; à l'île Lingga seule il est tombé un peu de cendre (**110**).

Dans la *résidence de Banka* la vague n'a été observée qu'a Toboali et aux îles Lépar. A Muntok on n'en vit rien. L'île resta presque entièrement exempte de cendre: au chef-lieu, Muntok, on découvrit seulement, au matin du 27, une très fine couche de poussière sur les meubles des habitations, et, au dehors, sur les feuilles des arbres (**111**, **112**, **113** et **114**).

Un rapport postérieur nous apprend que le 27, à $4^h\,{}^1/_4$ du soir, la mer atteignit à Toboali son niveau maximum (**115**), et que, ce même soir, à $5^h\,{}^1/_4$ elle inonda en partie les kampoengs Tandjoeng-Laboe, Goenoeng et Penoetoek, dans l'île Lépar, et endommagea légèrement quelques ponts (**116**).

A l'île *Billiton* la grande vague a été observée à Tandjoeng Pandan sur la côte ouest et à Dendang sur la côte sud de l'île; en ces deux

endroits la mer atteignit son niveau maximum à $5^h \, ^1/_2$ du soir, le 27 Août (**117**). A Dendang cette première vague s'éleva à $1^m,50$ au-dessus du niveau des vives eaux; elle fut suivie, ce même soir et le lendemain matin, par 8 ondes moins hautes. Les eaux, toutefois, ne firent pas de grands dégâts (**118**).

A *Ondiepwater-eiland*, au S. O. de Billiton, une seule onde, qui atteignit son niveau maximum le 27 à 4 heures de l'après-midi, fut remarquée par le surveillant du feu G. Hoedt (**119**).

Les renseignements relatifs à l'île *Noordwachter* (au N. N. O. de Batavia), donnés par le surveillant du feu H. van der Meulen, sont un peu incertains, vu que, aidé des garde-feu, il était justement occupé à porter dans le phare des vivres et de l'eau, au moment où la mer atteignit son niveau le plus élevé; il dit que cela eut lieu à $11^h \, 30^m$ du matin, le 27, mais il pourrait bien avoir été un peu plus tard. (Probablement midi Verb.). L'eau submergea toute l'île et envahit même l'établissement du phare; elle avait monté de $2^m,50$. Il commença à tomber de la cendre entre 10 et 11 heures. A cause de l'obscurité, qui, commencée à 11 heures, se prolongea jusqu'à 4 heures, on dut, à midi, allumer le feu (**120**).

Les *Duizend-eilanden*, au sud de Noordwachter, furent toutes submergées et les vagues emportèrent la plupart des maisons. Les habitants des îles Klappa et Panggang, au nombre de 500 environs, se sauvèrent en grimpant aux arbres. Il n'y eut qu'une femme de noyée. Les îles doivent avoir été recouvertes de 2 mètres d'eau (**121**).

A l'île *Edam*, située au nord de Tandjong Priok, on a observé, suivant le rapport du surveillant du feu G. Gerla, deux vagues, qui atteignirent leur niveau maximum à $1^h \, ^1/_2$ et à $2^h \, ^3/_4$ de l'après-midi du 27. Ces indications ne s'accordent pas exactement avec celles enregistrées, non loin de là, par le marégraphe de Tandjong Priok. M. Gerla indique:

A midi eau très basse; à $1^h \, ^1/_2$ de l'après-midi, eau très haute, s'avançant jusqu'à 4 mètres de l'habitation du surveillant du feu; à 2 heures eau basse; à $2^h \, ^3/_4$ eau haute; à $3^h \, ^1/_2$ eau basse; après 4 heures niveau ordinaire (**122**).

Du surveillant du feu L. VAN ROOYEN, à *Boompjes-eiland*, au nord de Cheribon, on apprit seulement qu'à 4^h 30^m du soir, le 26 Août, et dans la nuit suivante, il avait entendu des détonations, qui faisaient trembler les portes et les fenêtres. On ne paraît pas avoir observé de vague extraordinaire (**128**[a]).

Aux *autres iles* de l'Archipel Indien, à Bornéo, Célèbes, etc., la vague de Krakatau n'a pas été remarquée. Aux Moluques, il est vrai, la mer éprouva ce jour là un ébranlement; celui-ci étant toutefois imputable, non pas à l'éruption de Krakatau, mais à d'autres causes, il en sera traité au Chapitre VI.

Les détonations ont été entendues dans *toutes* les îles de l'Archipel.

OBSERVATIONS FAITES A BORD DE NAVIRES.

Pendant l'éruption, 10 navires se sont trouvés dans le Détroit de la Sonde ou à proximité, circonstance à laquelle nous sommes redevables de plusieurs communications importantes.

1. La barque Norvégienne *Borjild* était mouillée, le 27 Août, près de Kombuis-eiland; la cendre tombée à bord a été, plus tard, examinée au microscope par M. J. JOLY, à Dublin (**128**[b]).
2. La *Medea*, capitaine THOMSON, a été du 22 au 26 Août dans les parages du Détroit de la Sonde; de la note succincte parue dans la revue scientifique anglaise »Nature" (**128**[c]) on ne saurait induire au juste où le navire se trouvait pendant ces cinq jours. Le capitaine THOMSON entendit la première détonation le 26 Août, à 2 heures de l'après-midi, puis successivement plusieurs autres, à intervalles réguliers de 10 minutes. Après la première explosion s'éleva une colonne de fumée, qui aurait atteint une hauteur de 17 *miles* (27 kilomètres) et même, d'après une autre mesure, mais celle-ci effectuée 3 heures après la détonation, une hauteur de 21 *miles* (33 kilomètres $^1/_2$); ce dernier chiffre est jugé moins sûr.

C'est là, à ma connaissance, la seule détermination qu'on ait faite de la hauteur du nuage de cendre, lors de l'éruption du mois d'Août.

3. *The Bay of Naples*, Capt. Tedmarch. Le 1[ier] lieutenant W. Williams rapporta, le 2 Septembre, à Toboali, qu'à 120 milles au sud de Java's 1[ste] Punt, on avait déjà entendu, à bord, des détonations dans la nuit du Samedi au Dimanche, 25/26 Août. Le 26, il tomba de la cendre sur le navire, le ciel était extrêmement couvert; le 27, on rencontra une quantité de cadavres flottants d'hommes et d'animaux et de gros troncs d'arbres (**123**).

4. Le steamer *Anerley*, Capt. Strachan, passa, le Dimanche 26 Août, par le Détroit de Banka, et mouilla près de Noordwachter pendant les ténèbres du Lundi. La pluie de cendre continua jusqu'à minuit, 27/28 Août. Trois baromètres anéroïdes avancèrent et reculèrent d'un pouce anglais (l'inch = 25,4 millimètres) à de courts intervalles; l'heure exacte de ces oscillations n'est pas donnée. Lorsque, plus tard (28 Août?), l'*Anerley* passa près d'Anjer, le phare avait disparu (**124**).

5. Le steamer *Batavia*, du Lloyd de Rotterdam, commandant Boon, partit de Padang, le 25 (Samedi) à 4 heures de l'après-midi, et arriva le 27 au soir près du *Vlakken Hoek*. Déjà à 30 milles allemands du rivage (?) (il faut lire probablement à 30 milles allemands du Vlakken Hoek, ou bien, à 30 milles marins du rivage) on vit une grande quantité de troncs d'arbres, de bois et de ponce, et le soir, après avoir dépassé le Vlakken Hoek, on rencontra aussi beaucoup de cadavres flottants. La nuit, le vapeur n'alla pas plus loin; le lendemain matin Krakatau se voyait distinctement, et l'on reconnut que la pointe septentrionale de l'île avait disparu (**125**).

6. Le steamer *Prins Frederik*, en route vers la Néerlande, passa près de Krakatau le 25 Août. Le 27, à plus de 150 milles géographiques (600 milles marins) de l'île, les détonations furent distinctement entendues. Du 27 au 29 Août de la cendre fine tomba sur le pont (**126**).

7. Le trois-mâts Américain *W. H. Besse*, Capt. BAKER, venant de Manille et en destination de Boston, donna, le 24 Juin, près des Duizend-eilanden, sur un récif madréporique, fut remorqué le 26 par le vapeur *Generaal Pel* jusqu'à Batavia, et y resta en réparation pendant 2 mois. Le 26 Août le navire remit à la voile, et arriva la nuit dans le Détroit; on entendit continuellement de violentes détonations. Le 27, à 9^h 30^m du matin, le pilote quitta le bâtiment, qui se trouvait entre Krakatau et Anjer, au S. E. de Sebesi. Dés la pointe du jour on avait vu à l'ouest un nuage noir foncé, qui, s'élevant lentement, obscurcit le soleil et colora le ciel en noir. Le capitaine BAKER résolut de mouiller en cet endroit, et fit serrer toutes les voiles. A peine cette manoeuvre exécutée, une rafale frappa le navire en flanc avec une force terrible; l'ancre de tribord fut emportée avec 80 brasses de chaîne. Entre-temps les ténèbres étaient devenues plus épaisses que celles de la nuit la plus noire, la rafale avait amené une forte pluie de sable et de cendre, le vent dégénéra bientôt en tempête, et l'eau présentait un mouvement effrayant. Un grand fracas, mêlé de détonations, se faisait continuellement entendre, et l'épouvantable obscurité était rendue encore plus sinistre par la coruscation des éclairs. Le capitaine décrit cette obscurité comme la plus profonde dont il ait jamais été témoin; quoiqu'il fit jour, on ne voyait goutte. Une suffocante odeur de soufre remplissait l'atmosphère et rendait la respiration pénible. Pendant toute cette journée se succédèrent des bruits et des tableaux plus effroyables que n'en pourrait concevoir l'imagination la plus hardie: les vents mugissants, l'onde écumante et bouillonnante, le voile épais et impénétrable dont on était enveloppé, la cendre, la ponce et les morceaux de terre (de la boue probablement, VERB.) qui menaçaient de couler bas le navire, tout se réunissait pour faire perdre la tête à l'équipage. L'après-midi, à 3 heures, l'air s'éclaircit un peu, quoique la chute de cendre persistât. Le baromètre monta et baissa rapidement, puis resta stationnaire. Tout le navire était couvert de plusieurs pouces (anglais) de sable et de cendre (**127**).

8. Le navire Anglais *Charles Bal*, capt. W. J. Watson, traversa le Détroit de la Sonde pendant l'éruption du 26 et du 27 Août, et, chose remarquable, sans recevoir d'avaries. Le récit de son voyage parut dans une gazette de Hongkong, et un résumé de cet article fut donné par les journaux de Batavia (**128** et **129**). Le Liverpool Daily Post inséra également, sur ce voyage, une lettre du capitaine Watson, lettre qui à été reproduite dans la revue Anglaise »Nature" (**130**).

Le 26 Août, le capitaine Watson passa, à 9 heures du matin, le *Prinsen-eiland*; de l'île de Krakatau une petite partie seulement était visible, le reste était caché dans de sombres nuages. De 2^h 30^m à 4^h 15^m de l'après-midi, il vit de la fumée sortir de la montagne, et il entendit un bruit crépitant, semblable à celui d'un feu d'artillerie; le navire se trouvait alors environ au sud de Krakatau, à une distance de 10 milles marins. A 5 heures du soir le bruit augmenta d'intensité; vent au S. S. O.; le ciel s'obscurcit et il tomba une grêle de ponce, en gros fragments encore chauds; on dut se garantir pieds et tête au moyen de bottes et de bousingots. La chute de gros morceaux de ponce s'arrêta à 6 heures; il commença à tomber de la cendre plus fine, qui bientôt eut recouvert le pont d'une couche de 3 à 4 pouces anglais; de profondes ténèbres se répandirent. Quoique n'y voyant pas, on continua à marcher jusqu'à ce qu'on crut apercevoir le feu de Java's 4de Punt, après quoi on s'éloigna de la côte. Le soir, à 11 heures, Krakatau redevint visible dans la direction de l'ouest, à une distance d'environ 11 milles; des traînées de feu semblaient monter et descendre continuellement entre le ciel et l'île, le vent était chaud, suffocant, et avait une odeur de soufre. La sonde remonta toute chaude d'une profondeur de 30 brasses. (N'était-elle pas restée quelque temps sur le pont dans la cendre chaude, dont elle aurait eu la température quand on la descendit? Verb.).

Depuis minuit jusqu'à 4 heures du matin (du 27 Août) vent violent, variant entre l'O. S. O. et le S. S. O.; la même obscurité impénétrable, souvent entrecoupée d'éclairs éblouissants; les bruits

de Krakatau moins continus, mais plus intenses; les flèches des mats chargées de feux St. Elme. A 8 heures on dépassa le phare de Java's 4de Punt; les lettres-signaux furent hissées, mais on n'obtint pas de réponse. Anjer fut dépassé à 8h 30m; le navire rangeait la côte de si près, qu'on distinguait les maisons, mais nulle part, à terre, on n'aperçut le moindre mouvement. A 10h 15m on passa devant Toppershoedje (Button-island); la pluie de cendre avait cessé, vent au S. E. A 11h 15m on entendit une détonation formidable, le capitaine Watson vit bientôt arriver une vague, qui se dirigeait droit sur Toppershoedje, et qui alla se briser sur cette île, ainsi que contre la côte de Java; à cette onde en succédèrent encore deux autres. Après l'explosion, l'obscurité envahit rapidement l'horizon, et déjà à 11h 30m (?) il faisait nuit complète; en même temps tombait une pluie de cendre et de boue, qui persista jusqu'à 1h 30m, accompagnée des mugissements furieux du volcan et de violents éclairs. De 2 à 5 heures quelque clarté reparut, et l'on put relever l'île West-eiland (l'une des Duizend-eilanden, au sud de Noordwachter).

A cette relation je dois joindre immédiatement les remarques suivantes. Par les rapports sur Anjer nous savons que la première vague de 6h 30m avait encore laissé debout le fort, la prison, les habitations du patih et du wedana, ainsi que le phare de Java's 4de Punt. Ces édifices peuvent donc parfaitement avoir été vus par M. Watson à 8h 30m (**121**). Mais les données d'heures qui suivent ne sauraient être exactes, vu que partout, aux environs, l'obscurité commença dès 10h 30m. A 11 heures les ténèbres étaient déjà profondes à Sérang, point plus éloigné de Krakatau, de sorte que l'indication de 11h 30m, pour l'obscurité et la grande onde, est probablement en avance d'environ 1 heure. Quant à celle de 11h 15m, relative à la détonation, il est impossible de décider si elle se rapporte à l'explosion de 10 heures, car vers 11 heures il y eut encore une forte éruption, qui a été notée à Batavia (voir ci-après) et dont on a aussi eu connaissance à Riouw, notamment à Tandjoeng-Pinang, dans l'île de Bintang. Là, en

effet, on a entendu une forte détonation à $11^h\ 38^m$ (**139**), et comme le son a besoin tout juste de 38 minutes pour aller de Krakatau à Riouw (la différence de temps est insignifiante), cette explosion doit avoir eu lieu à environ 11 heures, et avoir été entendue 2 ou 3 minutes plus tard à bord du *Charles Bal*. Dans ce cas, toutefois, la vague n'est pas arrivée *après* mais avant la détonation. Il est assez surprenant que les vagues, qui se sont élevées si haut contre Toppershoedje, n'aient produit aucun effet sensible à bord; cela ne peut tenir qu'à la grande longueur des ondes, grâce à laquelle le navire s'est trouvé soulevé très graduellement.

9. Le *Berbice*, commandant Logan, venant de New-York, avec une charge de pétrole, en destination de Batavia, se trouvait, le 26 Août, à 2 heures de l'après-midi, à 20 milles marins droit au sud du Vlakken Hoek. Le soir, à 6 heures, on eut une pluie de cendre, à laquelle, vers minuit, se mêlèrent de petits fragments de ponce. Pendant la nuit on observa des phénomènes électriques d'une grande intensité: plusieurs personnes reçurent des chocs et la garniture en cuivre du gouvernail s'échauffa. La cendre était si chaude, que les grains les plus gros brûlaient de petits trous aux habits et aux voiles. Au matin du Lundi, le jour ne parut pas; la pluie de cendre allait toujours en augmentant, et à 11 heures s'éleva du S. E. un vent violent, qui fit fortement pencher le navire.

A 3 heures de l'après-midi survint une grosse lame, qui couvrit le navire et le secoua avec tant de force que les chronomètres s'arrêtèrent. Le mercure et les aiguilles des baromètres ne restaient pas un instant stationnaires, mais oscillaient sans discontinuer entre 28 et 30 pouces (anglais). Ensuite les éléments se calmèrent, mais on ne revit la clarté du jour que le Mardi matin à 8 heures. Le pont du navire était couvert d'une couche de cendres d'environ 8 pouces anglais. Lorsque, dans l'après-midi de ce même jour (28 Août), le navire passa près de Krakatau, le capitaine vit que l'île était divisée en trois parties (Verlaten-eiland, Lang-eiland

et la partie restante de Krakatau même, séparées par la mer VERB.). Il est à noter qu'à bord du *Berbice* non plus on n'a aperçu la haute et longue vague de 10 heures. La lame, qui à 3 heures secoua le bâtiment, me paraît n'avoir été qu'un coup de mer, sans rapport direct avec Krakatau. Nulle part ailleurs, du moins, il n'a été fait mention de cette lame (**133**).

10. Le 10ième et dernier navire, témoin de la catastrophe, est le *Gouverneur Generaal Loudon*, commandant LINDEMAN, steamer de la Compagnie des paquebots Indo-Néerlandais, en route de Batavia, par Teloeq Betoeng, Kroë et Benkoelen, vers Padang. Sur ce voyage je possède les documents suivants: 1° Le rapport du *G. G. Loudon*, présenté, à l'arrivée à Padang, le 31 Août, à 1 heure de l'après-midi, au maître du port (**134**); 2° un télégramme du commandant LINDEMAN à la Compagnie des paquebots à Batavia, expédié le 28 Août, en rade de Bantam (**135**); 3° un télégramme du résident de Bantam à la Compagnie, du 29 Août (**136**); 4° le rapport du commandant LINDEMAN à la Compagnie, reproduit par les journaux de Batavia (**137** et **138**); 5° une relation adressée par l'un des passagers, l'ingénieur VAN SANDICK, au Nieuwe Rotterdamsche Courant (**139**); 6° un mémoire du même, en français, avec une petite carte de la route suivie par le *Loudon* (**140**).

Le *Loudon* partit de Batavia le 26, à 8 heures du matin, fit escale à Anjer, pour y embarquer quelques ouvriers en destination de Padang, se remit en route à $3^h\ 30^m$, passa devant Dwars in den Weg et le Varkenshoek, eut de la pluie de cendre dans la baie des Lampongs et arriva le soir, à $7^h\ 25^m$, en rade de Teloeq Betoeng. Une chaloupe fut envoyée à terre, mais, à cause des violents remous de la mer, elle dut revenir au steamer, sans avoir pu aborder. La nuit on renouvela cette tentative, sans plus de succès, la houle étant toujours trop grosse et le courant trop fort. Il se passait évidemment quelque chose d'extraordinaire, car les navires qui se trouvaient sur la

rade faisaient entendre des signaux de détresse; malheureusement, il était impossible de leur porter secours. Le Lundi, environ à 7 heures du matin, 4 hautes vagues envahirent successivement la plage; on vit disparaître le fanal, et jeter à la côte le vapeur *Barouw*, le croiseur et quelques prauwen. Au dire des habitants de Teloeq Betoeng, ainsi que de l'ingénieur VAN SANDICK (dans la brochure française) la catastrophe n'eut pas lieu à 7 heures, mais, déjà à 6^h 30^m.

Vers 7 heures, le commandant LINDEMAN, qui jugeait dangereux de rester plus longtemps, quitta la rade à toute vapeur, avec l'intention de retourner immédiatement à Anjer, pour y annoncer la destruction de Teloeq Betoeng. Mais la pluie de cendre et de ponce, qui allait augmentant, et l'obscurité, de plus en plus profonde, le forcèrent de jeter l'ancre près de l'îlôt Tegal, par 15 brasses d'eau.

Les heures qui suivirent furent vraiment épouvantables. Déjà à 10^h 30^m il régnait une obscurité complète, accompagné d'une forte pluie de cendre et de boue, de tonnerre et d'éclairs, et d'un vent très violent, presque un ouragan, qui enleva du pont la tente et tous les objets non solidement fixés. Sur les mâts et les vergues on voyait des flammes bleuâtres mouvantes, le feu St. Elme. De très hautes lames ballottaient tellement le navire, que le commandant craignait qu'il ne chavirât; pour ne pas démarrer, il faisait lentement avancer sous vapeur derrière les deux ancres. A 1 heure le temps s'apaisa, mais l'obscurité persista toute la journée. Ce n'est que le Mardi matin, à 4 heures, qu'il devint un peu clair, et que le commandant s'apprêta à continuer sa route. Lorsqu'on fut arrivé près de Poeloe Tiga, il sembla que les îles Seboekoe et Poeloe Tiga étaient reliées entre elles et à la terre ferme de Sumatra, près de Ketimbang, de sorte qu'on résolut de passer par le Détroit de Lagoendi, et de contourner ensuite Krakatau par le sud. Au débouché du Détroit de Lagoendi, on arriva dans un vaste champ de ponce flottante, qui au milieu avait près de 2 mètres d'épaisseur.

Après avoir traversé ce champ, on trouva la mer libre, et à 4 heures de l'après-midi on atteignit Anjer, dont l'emplacement n'était plus reconnaissable qu'au tronçon, resté debout, du phare de Java's 4de Punt; tous les autres bâtiments, sans une seule exception, avaient disparu. A l'est de Krakatau, entre cette île et Sebesi, on avait vu un grand écueil, d'où sortait de la vapeur. A Anjer, M. LINDEMAN se rendit en chaloupe à terre, où il rencontra le résident SPAAN; il conduisit celui-ci, à bord du *Loudon*, dans la rade de Bantam, puis reprit directement sa route vers Kroë, afin de prévenir le paquebot *Graaf van Bylandt*, venant de Padang, des changements survenus dans le Détroit de la Sonde.

Tels sont les renseignements les plus importants sur l'éruption du mois d'Août, en tant qu'ils se rapportent à notre archipel. Quant aux observations faites en dehors de cet archipel, elles seront communiquées dans un des chapitres suivants.

La simple comparaison des récits qu'on vient de lire montre déjà qu'ils contiennent beaucoup d'inexactitudes, d'idées exagérées et de données d'heures fautives; néanmoins j'ai cru devoir rendre la plupart de ces relations dans leur forme primitive, surtout pour peindre l'impression que la catastrophe produisit sur les témoins oculaires.

De l'ensemble des informations se dégagent les points essentiels suivants:

1. L'éruption du mois d'Août n'a été ni précédée, ni accompagnée de violents tremblements de terre. En quelques points seulement on a signalé des secousses, et celles-ci étaient assez faibles.
2. Les éruptions du volcan de Krakatau ont augmenté en intensité le Dimanche, 26 Août, vers midi et surtout vers 5 heures du soir; elles ont atteint leur maximum le Lundi, 27 Août, à environ 10 heures du matin, puis elles sont entrées en décroissance rapide, pour cesser complètement dans la matinée du Mardi, 28 Août.

3. De la cendre et de petits fragments de ponce ont été éjaculés presque tout le temps, de la boue n'a été rejetée qu'*après* 10 heures du matin, le 27 Août.
4. La mer a présenté à plusieurs reprises des perturbations violentes, et notamment le Dimanche soir vers 6 heures, le Lundi matin à 6^h 30^m et a 10^h 30^m environ. La dernière vague était de beaucoup la plus forte, et bien que les ravages causés par la première onde du Lundi matin fussent loin d'être insignifiants, la grande dévastation de Tjaringin et de Teloeq Betoeng doit pourtant être attribuée surtout à la vague de 10^h 30^m. Cette dernière vague seule s'est propagée sur toute l'étendue de la côte nord de Java; de la précédente, on n'aperçut presque rien à Batavia. Sur la côte Sud de Java cette vague a été remarquée jusqu'à Tjilatjap, sur la côte Est de Sumatra jusqu'à l'embouchure de la rivière Toelang-Bawang, sur la côte ouest de Sumatra jusqu'á Ajer Bangies.
5. Les bruits ont été entendus dans tout l'archipel.
6. La pluie de cendre est tombée sur toute la partie sud de Sumatra, Benkoelen, Lampongs, Palembang et même jusqu'à Benkalis; dans le Détroit de la Sonde, sur toute l'étendue des résidences de Bantam et de Batavia et dans la partie ouest des résidences de Preanger et de Krawang. Partout où porta la cendre, il fit obscur pendant quelques heures de la journée du 27 Août; plus on se rapproche de la limite des cendres, plus la durée de l'obscurité a été courte.
7. Durant la chute de cendre un abaissement de température se produisit en des lieux éloignés de Krakatau, mais au voisinage de l'île l'air était chaud et suffocant; le baromètre montait et baissait rapidement et irrégulièrement; autour et près de Krakatau on observa des phénomènes électriques d'une grande intensité.
8. Le nombre élevé des victimes de la catastrophe de Krakatau est dû presque exclusivement à la violente irruption de la mer sur les côtes du Détroit de la Sonde et sur la côte Nord de Java; pour une petite partie seulement il est imputable à la cendre brûlante tombée en quelques endroits.

D'après les documents officiels, 36417 personnes ont péri, ains qu'il est spécifié au tableau suivant:

		Européens.	Indigènes, Chinois, Orientaux étrangers.	Kampoengs entièrement détruits.	Kampoengs détruits en partie.	Remarques.
Résidence de Benkoelen.	Vlakke Hoek, Division Kroë.	—	34	2	—	(140a)
Résidence des Districts des Lampongs.	Chef-lieu Teloeq Betoeng..	3	714	9	1	(141)
	Division Ommelanden de Teloeq Betoeng.........	—	1546	24	4	
	Div. Sekampong.........	—	5	—	—	
	Div. Ketimbang (IV Marga's)	1	8037	46	—	
	Div. Semangka..........	1	2159	23	31	
Résidence du Bantam.	Div. Sérang.............	—	1933	3	30	(142)
	Div. Anjer (Anjer).......	14	7583	10	25	
	» » (Merak)......	13				
	Div. Tjaringin...........	5	12017	38	12	
Résidence de Batavia.	Ville et Faubourgs.......	—	2	—	16	(143)
	Meester-Cornelis.........	—	8	1	5	
	Tangerang..............	—	2340	9	5	
Résidence de Krawang.	Kampoeng Pakies........	—	2	—	3	(143a)
	Total......	37	36380	165	132	
Ou bien, selon les résidences:						
Résidence de Benkoelen.............		—	34	2	—	
» des Districts des Lampongs..		5	12461	102	36	
» du Bantam................		32	21533	51	67	
» de Batavia................		—	2350	10	26	
» de Krawang...............		—	2	—	3	
	Total.......	37	36380	165	132	

Lors de l'examen plus approfondi des phénomènes, au Chapitre V, je tâcherai de donner, pour les différentes éruptions et les différentes vagues, des indications de temps plus exactes que celles qui se laissent déduire des relations ci-dessus résumées.

ACTIVITÉ DE KRAKATAU APRÈS LE 28 AOÛT 1883.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, les bruits diminuèrent beaucoup en intensité dans la nuit du 27 au 28 Août, et à Kroë seulement ils furent encore entendus jusqu'à 6 heures du Mardi matin. Postérieurement, on a bien encore perçu, en quelques endroits, des grondements dans la direction de Krakatau, mais nulle part on n'a entendu d'explosion. Dans les premiers temps après l'éruption, les monceaux de pierre ponce émettaient partout de la vapeur, et, à Krakatau même, des troncs d'arbres carbonisés, qui se consumaient lentement au contact de la cendre chaude, laissaient apparaître, la nuit, une lueur de feu accompagnée de fumée; à ces phénomènes doivent être attribuées, sans nul doute, une partie des nouvelles, rapportées à Batavia par des navires, relatives à la persistance d'activité du volcan de Krakatau. Cependant lors de ma visite à cette île, j'ai constaté que, longtemps après l'éruption du mois d'Août, le volcan doit encore avoir rejeté de la boue, de sorte que la grande éruption a été suivie d'actions beaucoup plus faibles.

Au sujet des manifestations volcaniques qui ont eu lieu à Krakatau après le mois d'Août, j'ai recueilli les informations suivantes.

17 *Septembre.* A Antjol (à l'est de Batavia), de même qu'à Tandjong Priok, on a entendu ce jour-là, entre 10^h $^1/_2$ et 11^h $^1/_2$ du matin, de fortes détonations, trop irrégulières pour provenir d'un salut de mer; la cause en est restée inconnue, seule raison pour laquelle on a rapporté ces bruits au volcan de Krakatau (**144**).

26 *Septembre.* A Batavia on a distinctement entendu des détonations et senti des vibrations du sol (**145**).

9 *Octobre.* Dans la nuit du 8 au 9 Octobre, on observa à Sérang un phénomène atmosphérique insolite. La lune s'était couchée à 11^h 25^m du soir (8 Octobre), un brouillard ou une brume flottait dans l'air, le ciel était plus ou moins couvert; dans ces conditions, qui habituellement auraient produit l'obscurité, il continua à faire clair,

comme si la lune n'avait pas cessé de briller à travers une vapeur légère: la vue s'étendait assez loin, les contours des arbres se distinguaient nettement jusqu'a une grande distance. L'apparence était celle d'un brouillard suspendu dans l'atmosphère et illuminé par l'une ou l'autre cause; le phénomène dura jusqu'à l'aurore (**146**). Il est impossible de décider s'il s'agissait ici d'une forte lumière zodiacale, ou d'un des phénomènes optiques qui, pendant les quatre derniers mois de l'année 1883, ont été observés dans toutes les parties du monde. Entre cette lueur et le volcan de Krakatau, bien qu'il ait eu probablement une faible éruption le lendemain (11 Octobre), on peut difficilement admettre une relation directe, car cette éruption était sous-marine et n'aura donc été accompagnée d'aucun effet lumineux. L'hypothèse qui me paraît la plus plausible, c'est que des particules de cendre, en suspension dans les hautes régions de l'atmosphère, étaient encore éclairées par la lune, lorsque celle-ci avait déjà disparu sous l'horizon de Sérang.

10 *Octobre.* Le soir, vers 10 heures, on observa à Tjikawoeng, sur la Welkomstbaai, dans le district de Tjibalioeng, une forte vague, qui inonda la plage, jusqu'à 75 mètres au-delà de la ligne de haute mer ordinaire. Un bruit sourd, dans la direction de Krakatau, fut entendu non seulement à Tjikawoeng, mais aussi un peu plus au nord, à Soemoer. La vague n'a pas été aperçue ailleurs, parce que la plage, déjà dévastée antérieurement, était encore déserte pendant la nuit (**147**). Cette onde se rattache probablement à une éruption boueuse, qui doit avoir eu lieu ce soir-là, et sur laquelle nous reviendrons au Chapitre V.

A bord des navires, qui après l'éruption du mois d'Août se trouvèrent presque constamment dans le Détroit de la Sonde, aucun indice d'éruption n'a été observé,

ni le 10 Octobre, ni un autre soir. Le 10 Octobre, l'*Hydrograaf*, bâtiment de la marine Royale, affecté aux relèvements hydrographiques, était mouillé à 8000 mètres de distance droit au nord du Pic et à 2000 mètres de l'extrémité septentrionale de Lang-eiland. Le vapeur Royal *Koningin Emma* était ancré, ce même soir, près du »zeeklip." D'aucun des deux bords on ne remarqua quelque chose d'extraordinaire (**147***). La boue qui couvrait l'île Calmeyer ne peut donc, en aucun cas, avoir été éjaculée ce soir-là.

Depuis le *Vendredi* 19 *jusqu'au Dimanche soir* 21 *Octobre*, à Tangerang et à Mauk (sur la côte au nord de Tangerang), on entendit de temps en temps des grondements, qui semblaient venir de l'Ouest, et qu'on attribua au Krakatau (**148**).

A Tjilegon on observa également, *pendant le Samedi et la nuit du Dimanche*, 20 *et* 21 *Octobre*, des vibrations de l'air et des éclairs dans la direction de Krakatau (**149**). Une couple de jours auparavant, le 10 Octobre, dans l'après-midi, j'avais quitté Krakatau où j'étais resté deux jours, sans avoir découvert le moindre symptôme d'activité volcanique. Le 19 j'étais au Vlakke Hoek, le 20 à Java's 1ste Punt, par un temps très mauvais, de la pluie et du vent. Rien qui ressemblât à des grondements ne fut entendu pendant tout ce voyage.

Dans la nuit du 12 *au* 13 *Novembre*, d'après une information venue de Merak, le Krakatau aurait été en activité (**150**). En quoi consistait cette activité, on ne le dit même pas; des propos si vagues sont dénués de toute valeur.

20 *Février* 1884 et jours suivants. On entendit à Batavia les bruits connus, et le soir on pouvait apercevoir de temps en temps, dans la direction de l'ouest, des éclats de lumière. Le commandant d'un navire, qui avait traversé le Détroit

de la Sonde, apporta la nouvelle que des flammes s'élevaient de la montagne (?) (probablement des troncs d'arbres qui brûlaient VERB.) (**151**).

23 *Février* 1884. A Meester-Cornelis on observa, le soir, des trépidations du sol et un tremblement de portes et de fenêtres en outre, une lueur rouge aurait été visible à l'Oues (**152**).

D'un habitant de la localité j'ai reçu, à ma demande, quelques éclaircissements sur ces phénomènes. Le soir du jour en question, entre 8 heures et $8^h\ ^1/_2$, il avait vu des scintillations au ciel et entendu des grondements semblables à ceux du tonnerre, avec un coup unique, faible et sourd; mais il n'avait remarqué ni vibrations, ni lueur rouge (**153**). Il me paraît probable qu'on n'aura eu à faire qu'à des manifestations électriques, tonnerre et éclairs.

C'est la dernière nouvelle qui ait été donnée au sujet d'une action, réelle ou supposée, du volcan de Krakatau.

NOTES.

Le nombre des communications relatives à l'éruption du Krakatau, ou s'y rattachant indirectement, que j'ai reçues ou rassemblées, s'élève à plus de 1300.

Dans ce nombre, toutefois, il y en a beaucoup qui ne sont que la répétition les unes des autres, et si l'on décompte en outre celles qui ne se rapportent pas directement à Krakatau, il reste peut-être 500 à 600 informations différentes, ayant exclusivement trait à l'éruption.

La plupart des renseignements proviennent soit d'autorités, aux Indes et aux dehors, qui m'ont envoyé des communications officielles ou officieuses, soit des journaux Indiens; d'autres, en nombre moindre, m'ont été donnés de vive voix, ou sont tirés des journaux et des revues du pays et de l'étranger.

Afin de ne pas continuellement interrompre le texte même du Rapport, j'ai rejeté à la fin, en y renvoyant par des chiffres, les notes, citations et extraits. On trouvera donc ici, dans ces »Notes", l'indication des principales sources auxquelles j'ai puisé pour mon travail.

Le lecteur qui voudra s'épargner le désagrément de recourir chaque fois à une autre partie du volume, pour consulter les Notes, pourra, grâce à la disposition qu'elles ont reçue, les faire relier séparément.

---

1. Johan Wilhelm Vogel. Journal einer Reise aus Holland nach Ost-Indiën Frankfurt und Leipzig 1690.

Les deuxième et troisième éditions, considérablement augmentées, publiées en 1704 et en 1716, à Altenburg, portent le titre de:
Johannes Wilhelm Vogel's Zehen-Jährige, jetzo auffs neue revidirte und vermehrte Ost-Indianische Reise Berschreibung, in Drey Teile abgetheilet. Nebst einem Anhange oder kurtzen Beschreibung derer vornehmsten Länder und Königreiche in Indiën, deroselben Zustand und Gewohnheiten, samt der Inwohner Lebens-Art und Sitten etc.

2. Me. N. P. van den Berg. Vroegere berichten omtrent Krakatau. De uitbarsting van 1680. Tijdsch. van Ind. Taal-. Land- en Volkenkunde. Deel XXIX blz. 208—228. Batavia 1884. Le navire le *Hollandsche Thuyn*, ayant Vogel à bord, n'arriva pas à Batavia le 17 Juin 1679, comme lui-même l'indique, mais le 27 Juillet. (Communication postérieure de M. v. d. Berg).

3. Les descriptions de Hesse, de Frike et d'une troisième personne, Schweitzer, ont été traduites et réunies en un seul volume, sous le titre suivant:

»Drie seer aanmerkelyke Reysen na en door velerley Gewesten in Oost-Indiën; gedaan door Christophorus Frikius, Chirurgyn, Elias Hesse, Berghschryver, Christophorus Schweitzer, Boekhouder; Yeder bysonder; van 't Jaer 1675 tot 1686". Vertaald door Simon de Vries. Utrecht 1694.

La seconde édition est de 1705; je n'ai pas pu me procurer les éditions allemandes.

4. Au sujet des noms Rakata et Krakatau, on trouve dans la brochure de M. van den Berg (voir note 2). à la page 19, ce qui suit:

»Il n'est pas nécessaire de faire observer que l'explication de ces noms, »donnée par Tachard, est de pure fantaisie, (»Cacatoua, ainsi nommée à »cause des perroquets blancs, qui se trouvent dans cette île, et dont elles répètent »sans cesse le nom." *Reis na Siam* gedaan door den Ridder de Chaumont; »in 't Fransch beschreven door den Vader Guy Tachard, en in 't Nederduitsch »gebracht door G. V. Broekhuizen. Amsterdam 1687), car les Cacatois n'ap»partiennent qu'à la partie Orientale de l'Archipel, et ne se rencontrent pas »dans le Détroit de la Sonde. Voir A. F. Wallace, *Insulinde*, traduction »hollandaise du Prof. Veth, tome I, pag. 18.. L'explication de Guy Tachard »est donc de même nature que le récit suivant. Un jour un prince Indien »passa par le Détroit de la Sonde, et à sa demande, quel était le nom de »cette »île hérissée" qui s'élevait au milieu du Détroit, le patron de la barque »aurait répondu »Kaga tau" (je ne le sais pas), dont le prince, qui ne possé»dait pas le patois malais, aurait fait Krakatau. Quant à la signification vraie »du mot Krakatau, je n'ai pu acquérir aucune certitude. La dénomination

»indigène officielle, Poeloe (île) *Rakata*, paraît-être elle-même une forme »abâtardie, car dans des écrits Malais, entre autres dans un *sair* récemment »composé par un certain Kiagoes Moehamad Arsat, et contenant une description »rimée de la destruction de Telok Betong au mois d'Août dernier, il est parlé »de *Kalkata*; or ce nom, sauf le changement très ordinaire de *r* en *l*, est »identique à celui de Karkata, que nous avons déjà appris à connaître par »la petite carte du Détroit de la Sonde, datant d'avant 1611, dont il a été »question ci-dessus.

»D'après une communication de M. le Dr. J. G. H. Gunning, à Soerakarta, »auquel je m'étais adressé pour obtenir des éclaircissements à ce sujet, il »n'est pas improbable que le nom de l'île dérive des mots Sanscrits *Karta* »*Karkata* et *Karkataka*, qui signifient *Ecrevisse* et *Cancer*, et s'appliquent »aussi au signe zodiacal du même nom. On pourrait donc traduire Krakatau »par île aux *écrevisses* ou au *crabes*, si toutefois la susdite conjecture exprimait »la vérité: mais, à cet égard, ni le Dr. Gunning, ni d'autres linguistes. n'osent »se prononcer catégoriquement. Le mot malais, qui ressemble le plus à »Krakatau, est, d'après M. Gerth van Wyk, le mot *Kelakatoe*, qui signifie »fourmi blanche ailée (*laron*)."

5. C. de Groot. Mededeelingen naar aanleiding van de uitbarsting van den vulkaan Rakata. Met eene plaat. Communication faite à l'Institut royale des ingénieurs, le 2 Octobre 1883. 's Gravenhage 1883.

6. *Sunda Strait and its approaches*, from the latest Dutch Government Surveys, with corrections by various officers of the Royal Navy. Published Sept. 1868. Corrections August 70, Nov. 75 (scale ± 1 : 314.000).

7. *Kaart van Straat Soenda en Z. W. gedeelte der Java-Zee*, door A. R. Blommendal, kapitein ter zee. Schaal 1 : 300.000, 1874.

8. R. D. M. Verbeek. Topographische en geologische beschrijving van Zuid-Sumatra, met geol. kaart in 4 bladen. Jaarboek van het Mijnwezen in N. O. I. 1881. Deel I. Dans cette description topographique et géologique de la partie sud de Sumatra, il est parlé de Krakatau aux pages 154—156, 179—181 et 214—215. Une esquisse du groupe d'îles se trouve sur la feuille de profils n°. 7.

---

9. Le Bataviaasch Handelsblad du 21 Mai dit: un peu après 10 heures; le Algemeen Dagblad du 21 Mai, à 10^h 30^m; le Java-Bode du 21 Mai, à 10^h 55^m; le Résident de Batavia, dans une lettre officielle au Gouvernement, du 21 Mai, dit à 10^h 45^m.

9ª. Télégramme de l'Assistant-Résident de Buitenzorg au Résident de Batavia, du 20 Mai.

9ᵇ. Missive de l'Assistant-Résident de Tangerang au Résident de Batavia, du 20 Mai.

9ᶜ. Missive du Contrôleur de Ketimbang au Résident des Districts des Lampongs du 21 Mai.

9ᵈ. Annexe d'une missive du Résident du Bantam au Gouvernement, du 26 Mai.

10. Algemeen Dagblad, Java-Bode, Bataviaasch Handelsblad des 21, 22 et 23 Mai

10ª. Information du Dr. A. Stammeshaus dans sa description de l'éruption du mois d'Août.

11. Javasche Courant du 25 Mai.

12. » » » 13 Juillet.

13. Java-Bode » 23 Mai.

14. D'après une communication de M. C. Dietrich, à Semarang. Cette communication était jointe à une collection de 234 articles de journaux et de revues, que M. Dietrich mit obligeamment à ma disposition. »Aehnliche Schwingungen der Luft waren in Semarang sehr deutlich bemerkbar am 20 und 21 Mai. Der *obere* Fensterriegel meines Arbeitszimmers war nicht geschlossen; dadurch entstand ein sehr hinderliches, lange dauerndes Klappern des Fensters, an beiden Tagen nach 1 Uhr Nachmittag (C. Dietrich)."

15. Het Indisch Vaderland (paraissant à Semarang) N°. 122.

15ª M. W. H. Dittlof Tjassens, lieutenant de marine de 1ère classe, à eu la complaisance de prendre ces informations pour moi. D'après communication de M. H. C. Pennink, ingénieur des constructions navales, qui voulut bien parcourir les registres du directeur de l'appareil aux signaux horaires à Soerabaja, l'horloge astronomique ne s'est arrêtée ni pendant l'éruption du mois de Mai, ni pendant celle du mois d'Août; rien n'était noté non plus au sujet d'un déplacement des aiguilles des chronomètres.

16. Javasche Courant du 22 Mai.

17. » » » 25 »

18. » » » 25 »

19. Java-Bode » 24 »

20. » » 26 »

21. » » 26 »

21ª. Missive du Contrôleur de Ketimbang au Résident des Districts des Lampongs, du 21 Mai.

22. Javasche Courant du 25 Mai

23. » » » 1er Juin.

24. » » » 1er et du 4 Mai.

25. Java-Bode du 30 Mai. Relation du commandant MACKENZIE du vapeur Néerlandais *Zeeland*.

26. Algemeen Dagblad du 8 Juin. Relation empruntée au Nieuw Padangsch Handelsblad.

27. Java-Bode du 30 Mai. Relation du Dr. D. SULZER (par erreur on a mis LUBZER) médecin à bord du steamer Néerlandais *Soenda*.

28. Locomotief du 1er Juin. Relation du Dr. SULZER, idem.

29. Algemeen Dagblad du 23 Mai. Rapport du capitaine GRAINGIR, du vapeur *Archer*, aux agents de la Queensland Royal Mail-Line MACLAINE WATSON & C°. à Batavia.

30. Javasche Courant du 25 Mai.

31. Algemeen Dagblad du 25 Mai.

32. Javasche Courant du 25 Mai.

33. » » » 12 Juin. Il y est dit, fautivement, du 21 au 23 *Avril*; de même dans le Algemeen Dagblad du 13 Juin.

33a. Communication de M. P. HERBING, à Batavia.

34. »Tägliche Rundschau" (Berlin) 1883. N°. 255 und 256.

Die deutsche Kriegscorvette »*Elisabeth*" in der Sunda-Strasse am 20 Mai 1883. Vom Marinepfarrer HEIMS.

Mit stolz auswehendem, vornehm und lang nachschleppendem Heimathswimpel war S. M. Kriegscorvette von der Rhede von Anjer weggedampft, (9 Uhr morgens) den Kurs nach West-Süd-West nehmend. An Bord ging Alles nach der Sonntagsroutine seinen regelmässigen Gang. Die Mannschaft war im sauberen Festtagsanzug auf Oberdeck zur Musterung in Divisionen angetreten. Der Kommandant hatte eben die paradirende Besatzung besichtigt und schickte sich an, „zur Inspektion" des schönen blitzblanken Schiffes zu gehen, als unter den im Sonntagsanzuge mit Schärpe, Hut und Säbel auf Achterdeck versammelten Offizieren und oben auf der Kommandobrücke eine gewisse Aufregung bemerkbar wurde. Die Gläser und Kieker hier und die Köpfe dort wendeten sich einmüthig über die Reeling und der verlassenen Gegend zu, in der die Küstenumrisse von Sumatra und Java schon mit der kleinen Insel Krakatoa fast zusammenliefen: Dort gerade stieg wenigstens 17 Seemeilen von uns ab, bis zum halben Zenith, eine enorme glänzend weisse Dampfsäule mit reissender Schnelligkeit auf, in kurzer Frist die kolossale Höhe von nach vorgenommener Messung nicht unter eilftausend Metern erreichend, und in fast schneeiger Helle von dem klaren, blauen Himmel sich abhebend, in sich gerundet und geringelt, vergleichbar einem gigantischen weissen Korallenstock von keulenartiger Form, oder auch einem riesigen Blumenkohlkopf, nur das hier alles grossartige Bewegung von impo-

santester Wirkung war; aus den einzelnen dicht aneinander gedrängten und über einander geschichteten plastischen Dampfballen quollen und wallten beständig durch den ungeheuren Druck von unten getrieben, neue wirbelnde Massen nach oben und seitwärts hervor im majestätischen Rollen und doch blieben die Umrisse der sonach beständig wachsenden Riesenerscheinung klar und scharf begrenzt, nur der Gipfel, der sich uns zuzuneigen begann, sah aus, als ob der Wind dort in der Höhe anfange ihn zu verwehen, bis neue Wolken mit unwiderstehlicher Kraft nachgeschoben wurden, ähnlich der aufwallenden, in sich rollenden Dampfsäule aus dem Schornstein einer ungeheuren, stehenden Lokomotive. Allmählich mischten sich dunklere Farben in die weisschimmernde Helle der Wasserdämpfe, indem von unten schwärzliche Streifen aufstiegen, besonders an der einen Seite, während es in der anderen Hälfte der Basis wie ein schwach röthlicher Schein sich bemerkbar zu machen schien, bis nach und nach eine breite blaugraue Wand, gleich einer mächtigen finsteren, fächerförmigen Gewitterwolke, oben breit, unten schmäler, Alles überdeckte und weit über den Himmel sich ausbreitete. Wir waren eben Zeugen eines gewaltigen vulkanischen Ausbruchs gewesen, der auf der erwähnten, 2600 Fuss hohen Insel Krakatoa stattgefunden. Detonationen wurden nicht vernommen. Jedenfalls konnten wir mit der uns erwiesenen Aufmerksamkeit und der Grossartigkeit des aufgesteckten Abschiedssignals von drüben zufrieden sein. Der letzte Blick auf Asien und die Station war imposant genug.

Als nach etwa dreiviertelstündiger Dauer der Gottesdienst beendet, war der vorher so heitere Himmel schon grösstentheils trübe bezogen; im Osten lag es dick und schwer. Schon am Nachmittage setzte der ersehnte Südostpassat so kräftig ein, dass die Hoffnung, die Feuer der Machine baldigst ausmachen zu können, eine sehr reale war — aber mehr und mehr bezog sich auch der Himmel, bis ihn gleichmässiges, graues Gewölk ringsum den ganzen Horizont bedeckte. Ueber die Natur dieses Gewölkes sollten wir nicht lange in Zweifel bleiben. Mit dem frischen Winde machte sich von der Luvseite, hier also von See, und nicht vom Lande her, ganz allmählich ein sehr feiner Aschenregen bemerkbar, der eine hellgraue, etwas gelbliche, unendlich fein zertheilte Masse, die überall hindrang, gleich einem dünnen, weisslichen Flaum über das Schiff breitete, welcher im Laufe des Nachmittags wie ein recht greifbarer Reif sich auf Deck und Takelage legte, Drüben, in See, nach Land zu, war es nachtdunkel geworden. Zur Zeit des beginnenden Aschenfalles waren wir zwölf Dentsche Meilen von der Küste entfernt. Es lag also hier die eigenthümliche Erscheinung vor, dass der aufgeworfene Lavastaub von einer höheren Lufströmung, dem Antipassat,

vom Land her hoch über die See fortgeführt war, und dass die allmählich niedersinkenden Theilchen von dem tiefer gehenden Südostpassat aufgenommen und zurück auf uns zu geführt wurden. Die Verschleierung des Himmels war dabei so dicht und gleichmässig, dass der beinahe volle Mond am Abend und während der Nacht kaum als schwach erleuchtete Gegend droben erkennbar war.

Am nächsten Morgen den 21 Mai bot S. M. Korvette, die vierundzwanzig Stunden vorher so tadellos blank und sauber ausgesehn, einen sonderbaren Anblick: sah genau wie ein Müllerschiff oder richtiger wie eine schwimmende Cementfabrik aus. Aussenbords war Alles: Schiffswand, Torpedolancirrohr, Wanten, Parduns, die ganze Takelage bis in die Toppen hinauf dick und lückenlos gleichfarbig mit dem graulichen, haftenden Staube belegt; das Kartenhaus auf der Kommandobrücke schien über Nacht hell gemalt zu sein über der sonst gewohnten Mahagonipolitur; alle Fenster und Deckslichter waren belegt; auf Deck lag die feine Masse gleichmässig mehr als einen Centimeter hoch; dick und schwer hatte sie sich in den Segeln gesammelt; gedämpft klang der Tritt der Leute auf dem weichem Staube, und sie selbst sahen aus, als wären sie ehrbare Müllergesellen, so gepudert und geschminkt ging Alles einher. Schon in der Frühe erschien ein Kommandobefehl, der den wachthabenden Offizieren das — sonst im Dienst nicht gestattete — tragen weisser Jacketts erlaubte, weil dunkles Zeug geradezu unmöglich war in dem feinen intensiven Gestöber, das fort und fort über uns sich entlud, in alle Kammern, durch alle Fugen und Ritzen eindringend, in der Batterie so wirksam, wie oben, und im Zwischendeck die abgeblühten Kamelienstöcke in der Offiziermesse bei dicht verschalktem Oberlicht wie mit weissem Mehlthau beziehend; als dicker Schleim auf allen eingefetteten Eisentheilen sich niederschlagend; die Falten der Geschützbezüge ausfüllend; bei einem nothwendigen Manöver in massigen Wolken aus den backschlagenden Segeln aufwallend, von dem bewegten Tauwerk versprühend, höchst empfindlich für die Augen, und allmählich unangenehm auf die Lungen fallend. Beim ersten Blick auf diese Metamorphose des Schiffes überkam einem ein geradezu winterlicher Eindruck. Die Leute fegten den Lavastaub stillvergnügt als schätzbares Putzmaterial zusammen, und es machte ihnen geringe Mühe, ihre Säcke, Pützen und Kästen zu füllen. Die Arbeit des Abbürstens und Abstaubens in den Kammern musste man bald als eine ganz vergebliche aufgeben.

Ueber all diesen Aschenregendesastra wöllbte sich der Himmel wie eine grosse Glocke aus recht mattem Milchglas, in der die Sonne wie eine hellblaue Kugelampel hing; ein ganz eigenartiger Anblick als Folge einer entschieden

regelwidrigen Absorption der Lichtstrahlen. Neue Vorräthe von Lavastaub waren noch reichlich vorhanden da oben in Gestalt dicker, massiger Schneewolken, und es schneite auch mit einzelnen Unterbrechungen ganz munter bis in die Nacht hinein weiter. Noch auf 75 deutsche Meilen mussten wir uns am späten Abend mit dem Gesicht nach Lee setzen, als wir auf der Kampagne Luft schöpfend beisammen sassen. Das würde eine Ausbreitung des Aschenfalles über ein Gebiet ergeben, mindestens so gross als ganz Deutschland. Die Beleuchtung hatte am Morgen auffällige Aenlichkeit mit der bei einer Sonnenfinsterniss, und über der blauen See lag es wie ein eigenthümlich matter, bräunlicher Schein bei kräftig dreinwehendem Wind.

Am 22 Mai war der Himmel zwar immer noch gleichmässig grau und trübe, aber es fiel keine Asche mehr."

34ª. Jahresbericht der deutschen geographischen Gesellschaft. Berlin 1884.

Bericht des Capitain zur See HOLLMANN, S. M. Corvette *Elisabeth*.

»Am 20 Mai gegen 10 U. 30 M. Vorm. wurde vom Schiffe aus ein Vulkan-Ausbruch auf der Insel Krakatoa beobachtet. Man sah zuerst von der Insel eine weisse Wolke van Cumulus-Aussehen schnell aufsteigen. Dieselbe erhob sich ziemlich senkrecht, bis sie nach Verlauf von etwas über einer halben Stunde die Höhe von circa 11000 Metern erreicht hatte; hier fing sie — wahrscheinlich in den Bereich des Antipassats gekommen — an, sich langsam schirmartig auszubreiten, so dass bald nur noch ein schmaler Streifen blauen Himmels über den Horizont zu sehen war. Als gegen 4 Uhr Nachm. ein leichter S. S. E. Wind durchkam, brachte er feinen Aschenstaub mit, der am 21 früh so zunahm und in ziemlich gleicher Intensität bis zum 22 früh, fiel, dass bald das Schiff in allen seinen Theilen mit einer gleichmässigen feinen grauen Staubschicht bedeckt war. Die Höhe des auf das Schiff in diesen 24 Stunden gefallenen Aschenregens dürfte 2—4 Centimeter betragen.

Bei Beginn des starken Fallens befand sich das Schiff ungefähr 100 Seemeilen, als der Regen am 22 an Stärke nachzulassen anfing, 300 Seemeilen von der Insel Krakatoa entfernt, in der Richting r. w. S. W. $^1/_2$ W., während der Wind immer S. E. war. Die Sonne, soweit sie durch den leichten Staub sichtbar wurde, hatte eine *azurblaue* Farbe. Der Aschenfall liess am 22 schliesslich nach, ohne dass der Wind sich änderte, doch wurde etwas Staub noch während der beiden nächsten Tage in der Luft bemerkt."

35. Javasche Courant du 29 Mai.

36. » » » 1er Juin.

37. » » » 12 »

37ª. Rapport du surveillant de feu, de 1ère classe, J. SPARENBERG; ce rapport m'a été envoyé par le Lieutenant de Marine de 2ième classe, J. J. POORTMAN.

38. Javasche Courant du 12 Juin.

39. Algemeen Dagblad, Java Bode, Bataviaasch Handelsblad du 28 Mai.

40. Javasche Courant du 29 Mai.

40a. J'avais demandé, par l'entremise du Résident des Districts des Lampongs, des détails sur ce qu'avaient vu et éprouvé à Krakatau les indigènes qui s'y étaient rendus, au mois d'Avril, dans le but de récolter du *kekaret* et du *tahoei* (espèces de gomme-élastique) pour un certain Hadji Soleiman de la dessa Betong. Le contrôleur Lux reçut de 5 de ces 9 personnes un récit très brodé et manifestement inexact, que pour cette raison je ne reproduis pas. Ils avaient, à leur dire, passé 3 jours sans boire ni manger, avant qu'un djoekoeng (bâtiment indigène) du Hadji Soleiman vint les prendre.

41. Javasche Courant du 29 Mai.

42. » » » 5 Juin.

43. Communication du chef des travaux du port de Batavia.

44. Extrait du Journal de bord du »*Samarang*", du 20 Mai.

45. Java-Bode du 23 Mai.

46. J'ai reçu les données marégraphiques, pour les 20 et 21 Mai, du chef des travaux du port de Batavia.

47. Javasche Courant du 22 Juin.

47a. Rapport du surveillant de feu de 2ième classe, J. Schuit.

47b. Rapport du surveillant de feu de 1ère classe J. Sparenberg.

47c. Rapport du surveillant temporaire de feu de 4ième classe, J. Stemlé.

47d. Rapport du surveillant de feu de 1ère classe G. de Groot.

(47a–47d:) Rapports envoyés par le lieutenant de marine de 2ième classe J. J. Poortman.

48. Algemeen Dagblad du 20 Juin.

49. » » » 26 »

50. Javasche Courant du 20 Juillet..

51. » » » 21 Août.

52. Lettre et petite carte du capitaine Ferzenaar, mises obligeamment à ma disposition par le Major d'Etat Major, F. C. E. Meijer, chef du service topographique.

53. Bataviaasch Handelsblad du 16 Août.

54. Algemeen Dagblad du 17 Août.

54a. Java Bode du 27 Août.

55. Communication du capitaine d'infanterie G. J. A. Beunk, Commandant de place de Teloeq Betoeng.

56. Nature, N°. 727, Oct. 4, page 539.

56a. Sind Gazette Bulletin, October 12. Reproduit dans Nature N°. 733, Nov. 15, 1883; la même communication, empruntée au Times, dans Nature N°. 726, Sept. 27, page 532.

57. Nature, N°. 730, Oct. 25, 1883. Communication de M. C. Meldrum, à l'île Maurice.

---

58. Javasche Courant du 2 Octobre,
59. Observations faites par moi à Buitenzorg.
60. D'après M. l'ingénieur des mines Schuurman, à Batavia.
61. Algemeen Dagblad du 27 Août.
62. Rapport officiel du directeur de l'appareil aux signaux horaires au maître de port de Batavia, du 22 Septembre.
63, D'après le Dr. van der Stok, directeur de l'Observatoire Météorologique de Batavia.
63a. Bataviaasch Handelsblad, du 28 Août.
64. Observations faites à l'Observatoire Météorologique de Batavia.
64a. Des détails plus circonstanciés sur Tandjong Priok se trouvent dans le rapport sur les travaux du port de Batavia pendant le mois d'Août, rapport inséré dans le Javasche Courant du 18 Septembre.
65. Rapport officiel du Résident de Batavia au Directeur de l'Instruction publique, des Cultes et de l'Industrie, du 14 Mars 1884.
66. Javasche Courant du 4 et du 11 Septembre. Rapport officiel du Résident de Krawang au Directeur de l'Instruction publique, du 19 Octobre.
67. Rapport officiel du Résident de Cheribon au Directeur de l'Instruction publique, du 28 Décembre. Communication privée du contrôleur Steinmetz, à Lobener, et de l'Ingénieur des Ponts et Chaussées de Meijier.
67a. Communication du Résident de Japara.
68. Des copies des courbes des marégraphes du Détroit de Madoera m'ont été envoyées par M. l'ingénieur en chef J. J. Dykstra à Soerabaja.
68a. Algemeen Dagblad des 28 et 29 Août.
68b. Relevé du Résident de Batavia, du 21 Mai 1884.
69. Javasche Courant du 28 Août.
69a. » » » 31 »
70. Java Bode » 27 »
71. Algemeen Dagblad » 28 »
72. Java Bode » 28 »
73. M. K. A. Naumann était un vieil et fidèle employé des Mines; détaché temporairement aux travaux du port, et chargé de surveiller l'exploitation des carrières de Merak, il devait justement, ce service étant terminé, retourner le lendemain à Batavia.

74. Javasche Courant du 18 Septembre. Ce télégramme porte: »Hier soir (26 Août) et ce matin (27 Août) tremblement de terre et de mer, qui ont dévasté une partie de Merak; voie ferrée, embarcadère et anse Batoe Lawang détruits, campement Chinois emporté. Grues et embarcadère restés en place, wagons en mer; mer toujours haute.

Ingénieur Div. III
En son absence:
Chef-mineur,
(signé) NAUMANN.

75. Lettre de l'Aspirant-Contrôleur ABELL. Insérée dans la Locomotief du 1er Septembre.

76 Rapports officiels de l'Ingénieur NIEUWENHUYS au chef des travaux du port de Batavia, du 29 Août et du 4 Septembre 1883.

76a. Rapport officiel du Résident du Bantam au Directeur de l'Instruction publique, du 12 Octobre 1883.

77. Javasche Courant du 31 Août.

78. Bataviaasch Handelsblad du 8 Septembre. Récit d'un télégraphiste (A. G. SCHROK) sauvé à Anjer.

78a. Algemeen Dagblad du 3 Septembre.

79. Rapport officiel du Résident du Bantam au Directeur de l'Instruction publique, du 12 Octobre 1883.

79a. Algemeen Dagblad du 3 Septembre.

80. Kaart van de Westkust der Residentie Bantam, van af St. Nicolaaspunt tot Tjaringin, aangevende den topographischen toestand van die terreinstrook voor en na de eruptie van den Goenoeng Rakata (Krakatau) op 26 en 27 Augustus 1883. Schaal 1 : 100.000. Topogr. Bureau te Batavia, October 1883.

81. Bataviaasch Handelsblad du 3 Septembre. Relation d'un pilote (DE VRIES) sauvé à Anjer.

81a. Relevé du Résident du Bantam, du 25 Avril 1884.

82. Algemeen Dagblad du 5 Septembre. La destruction de Tjaringin racontée par un témoin oculaire (TH. A. GASTON).

83. Rapport officiel du Résident du Bantam au Directeur de l'Instruction publique, du 12 Octobre 1883.

84, Javasche Courant du 7 Septembre.

84a. Ce fait remarquable m'a èté confirmé plus tard par le Dr. A. G. VORDERMAN, médecin de la ville de Batavia, qui voulut bien prendre à l'hôpital des renreignements à ce sujet. Les 4 forçats avaient reçu des brûlures sur tout le corps, la tête exceptée. Tous quittèrent l'hôpital guéris.

85. Javasche Courant du 4 Septembre.

85a. Communication de l'Ingénieur en Chef des chemins de fer de l'Etat J. W. IJzerman.

86. Missive officielle du Résident de la Residence des Preanger au Directeur de l'Instruction publique, du 5 Novembre 1883.

87. Javasche Courant du 4 Septembre. L'arrivée de la vague est dite avoir eu lieu de 3 à 5 heures de l'après-midi.

88. Javasche Courant du 7 Septembre. L'arrivée de la vague est dite avoir eu lieu à 5 heures de l'après-midi.

89. Communications du Contrôleur W. Beyerinck.

90. Le rapport du Commandant du *Kedirie*, J. A. 't Hoen, à été inséré dans le Javasche Courant du 4 Septembre.

91. Javasche Courant du 2 Octobre.

92. Rapport officiel du Résident des Districts des Lampongs au Directeur de l'Instruction publique, du 14 Décembre 1883.

93. Javasche Courant du 11 Septembre.

94. Algemeen Dagblad du 10 Septembre.

95. Communication verbale du capitaine d'infanterie, G. J. A. Beunk, commandant de place de Teloeq Betoeng.

96. Communication verbale de M. H. C. Stuivenberg, commandant du *Barouw*, vapeur de la Marine du Gouvernement.

96a. Javasche Courant des 18, 24 et 28 Décembre.

97. Algemeen Dagblad du 11 Septembre, Bataviaasch Handelsblad du 11 Septembre, Java Bode du 12 Septembre.

98. Javasche Courant du 14 Septembre.

99. » » » 5 Octobre.

100. Algemeen Dagblad du 1er Septembre.

101. Rapport officiel du Résident de Benkoelen au Directeur de l'Instruction publique, du 7 Décembre 1883.

102. Rapport officiel du Résident de Benkoelen au Gouvernement, du 28 Août.

103. Rapport officiel du Gouverneur de la Côte Ouest de Sumatra au Directeur de l'Instruction publique, du 26 Décembre 1883.

104. Nieuw Padangsch Handelsblad du 1er Septembre. Sumatra Courant No. 107.

105. Observations faites à Padang, le 27 Août 1883, par le maître de port E. Roelofs. (Missive du maître de port au Gouverneur de la Côte Ouest de Sumatra, du 28 Août).

Commencement du flux (niveau minimum).	Différence de temps en minutes.	Commencement du reflux (niveau maximum).	Différence de temps en minutes.	Particularités.
12^{h} 50	65	1^{h} 25	55	Vitesse d'environ 4 milles, croissante.
1^{h} 55	55	2^{h} 20	52	Vitesse d'environ 12 milles.
2^{h} 50	56	3^{h} 12	59	un peu moindre.
3^{h} 46	68	4^{h} 11	66	
4^{h} 54	58	5^{h} 17	55	
5^{h} 52	62	6^{h} 12	63	Vitesse d'environ 6 milles.
6^{h} 54	61	7^{h} 15	70	
7^{h} 55	64	8^{h} 25	65	Vitesse d'environ 4 milles.
8^{h} 59	90	9^{h} 30	84	fortement décroissante, jusqu'à faible.
10^{h} 29		11^{h} 54		

Après cette dernière onde on en observa encore 3 autres, longues mais très faibles, la dernière au matin du 28, à 7^{h} 30^{m}. La plus forte montée eut lieu à la *troisième* onde, environ à 3 heures de l'après-midi, et elle fut suivi du plus fort déchalement, pendant lequel, entre-autres, le Kali Mati (petite crique qui, sur la rive droite, se jette dans la rivière de Padang) se vida en laissant échapper l'eau sous forme de cataracte.

106. Sumatra Courant, N°. 107, 1883.

107. Rapport officiel du Résident de la Côte Est de Sumatra au Directeur de l'Instruction publique, du 29 Décembre.

108. Rapport officiel du Résident de Palembang au Directeur de l'Instruction publique, du 8 Septembre.

109. Rapports officiels du Résident de Palembang au Directeur de l'Instruction publique, du 24 Décembre 1883, et du 17 Janvier 1884.

110. Rapport officiel du Résident de Riouw au Directeur de l'Instruction publique, du 28 Décembre.

111. Javasche Courant du 21 Septembre.

112. Etat de l'Eclairage de la côte de Muntok pendant le mois d'Août, par le maître de port de Muntok, J. W. Nix.

113. Rapport officiel du même à l'Inspecteur du Balisage et de l'Eclairage de la côte, du 1er Décembre.

114. Soerabajaasch Handelsblad, N°. 205, 1883.

115. Rapport officiel de l'Administrateur de Toboali au Résident de Banka, du 16 Mars 1884.

116. Rapport officiel du maître de Poste des îles Lépar, à l'Administrateur de Toboali, du 16 Mars 1884.

117. Missive de l'Administrateur en Chef des mines d'étain, C. F. MICHIELSEN, au Représentant de la Billiton-Maatschappij à Batavia, du 31 Août.

118. Extrait du rapport, pour le mois d'Août 1883, de l'Administrateur de Dendang, K. A. BEGEMANN.

119. Extrait du rapport, pour le mois d'Août, du surveillant du feu à l'île Ondiepwater.

120. Extrait du rapport, pour le mois d'Août, du surveillant du feu à l'île Noordwachter.

121. Javasche Courant du 4 Septembre.

122. Extrait du rapport, pour le mois d'Août, du surveillant du feu à l'île d'Edam.

122ª. Extrait du rapport, pour le mois d'Août, du surveillant du feu à l'île Boompjes eiland.

122ᵇ. Nature, N°. 757, May 1, 1884, page 23.

122ᶜ. Nature, N°. 759, May 15, 1884, page 72.

123. Rapport officiel de l'Administrateur de Toboali au Résident de Banka, du 3 Septembre. Javasche Courant du 21 Septembre, où, pour la date, est indiqué fautivement le 29 Août. Dans le rapport de l'Administrateur de Toboali il est dit qu'à la distance de 120 milles on releva le cap Java's 1ste Punt dans la direction du Sud $^1/_4$ Sud-Ouest. C'est là évidemment une erreur: il faut lire probablement dans la direction du N. $^1/_4$ N. O., ou peut-être le navire se trouvait-il au S. $^1/_4$ S. O. de Java's 1ste Punt. En tout cas, le navire était au *sud* du Détroit.

124. Nature, N°. 732, Nov. 8, 1883. Communications de M. MELDRUM, reproduites d'après le Mauritius Mercantile Record.

125. Bataviaasch Handelsblad du 5 Septembre.

126. Algemeen Dagblad du 2 Novembre.

127. Bataviaasch Handelsblad du 9 Février 1884; relation empruntée à un journal de Boston.

128. Algemeen Dagblad du 9 Octobre.

129. Java Bode du 9 Octobre. Dans cet extrait il est dit fautivement qu'une couche de cendre de 3 ou 4 *pieds* d'épaisseur recouvrait le pont; on doit lire 3 ou 4 *pouces* anglais. (L'original dit *three or four inches*).

130. Nature, N°. 736, Decembre 6, 1883, page 140. Cette relation d'un témoin oculaire ayant une valeur spéciale, je la fais suivre en entier.

August 22. 15° 30' S. 105° E. About 7. p. m. the sea suddenly assnmed a milky-white appearance, beginning to the east of us, but soon spreading all round, and lasting till 8. p. m. There were some clouds (cumulus) in the sky, but many stars shone, and in the east to north-east a strong white haze or silvery glare. This occured again between 9 and 10 p. m. the clouds also appearing to be edged with a pinkish coloured light, the whole sky also seeming to have extra light in it similar to when the aurora is showing faintly. On the 24th, in 9° 30' S., 105° E., we had a repetition of the above. On the night of the 25th, standing in for Java Head, the land was covered with thick, dark clouds and heavy lightning. On the 26th, about 6 a. m., passed Princes' Island, wind south-west, and some heavy rain; at noon wind west-south-west, weather fine, the Island of Krakatoa to the north-east of us, but only a small portion of the north-east point, close to the water, showing; rest of the Island covered with a dense black cloud. At 2.30 p. m. noticed some agitation about the Point of Krakatoa; clouds or something being propelled from the north-east point with great velocity. At 3.30 we heard above us and about the island a strange sound as of a mighty, crackling fire, or the discharge of heavy artillery at second intervals of time. At 4.15, p. m. Krakatoa north half east, ten miles distant, observed a repetition of that noted at 2.30, only much more furious and alarming, the matter, whatever it was, being propelled with amazing velocity to the north-east. To us it looked like blinding rain, and had the appearance of a furious squall of ashen hue. At once shortened sail to topsails and foresail. At five the roaring noise continued and increased: wind moderate from south-south-west; darkness spread over the sky, and a hail of pumice-stone fell on us, many pieces being of considerable size and quite warm. Had to cover up the skylights to save the glass while feet and head had to be protected with boots and southwesters. About six o'clock the fall of larger stones ceased, but there continued a steady fall of a smaller kind, most blinding to the eyes, and covering the decks to three or four inches very speedily, while an intense blackness covered the sky and land and sea.

Sailed on our course until we got what we thought was a sight of Fourth Point Light; then brought ship to the wind, south-west, as we could not see any distance, and we knew not what might be in the Straits, the night being a fearfull one. The blinding fall of sand and stones, the intense blackness above and around us, broken only by the incessant glare of varied kinds of lightning and the continued explosive roars of Krakatoa, made our situation a truly awful on. At 11 p. m., having stood off from the Java shore, wind strong from the south-west, the island west-north-

west, eleven miles distant, became more visible, chains of fire appearing to ascend and descend between the sky and it, while on the south-west end there seemed to be a continued roll of balls of white fire; the wind, though strong, was hot and choking, sulphureous, with a smell as of burning cinders, some of the pieces falling on us being like iron cinders, and the lead from a bottom of thirty fathoms came up quite warm. From midnight to 4 a. m. (27th) wind strong, but very unsteady, between south-south-west and west-south-west, the same impenetrable darkness, but more explosive in sound, the sky one second intense blackness and the next a blaze of fire, mastheads and yardarms studded with corposants and a peculiar pinky flame coming from clouds which seemed to touch the mastheads and yardarms. At 6 a. m. being able to make out the Java shore, set sail, passing Fourth Point Lighthouse at 8; hoisted our signal letters, but got no answer. Passed Anjer at 8.30, name still hoisted, close enough in to make out the houses, but could see no movement af any kind; in fact, through the whole Straits we have not seen a single moving thing of any kind on sea or land. At 10.15 a. m. passed the Button Island one half to three-quarters of a mile, sea like glass round it, weather much finer looking, and no ash or cinders falling; wind at south-east, light. At 11.15 there was a fearful explosion in the direction of Krakatoa, now over thirty miles distant. We saw a wave rush right on to the Button-Island, apparently sweeping right over the south part, and rising half way up the north and east sides. This we saw repeated twice, but the helmsman says he saw it once before we looked. The same wave seemed also to run right on to the Java shore. At the same time the sky rapidly covered in; the wind came strong from southwest by south; by 11.30 we were inclosed in a darkness that might almost be felt, and at the same time commenced a downpour of mud, sand, and I know not what; ship going north-east by north, seven knots per hour under three lower topsails; put out the side lights, placed two men on the look-out forward, while mate and second mate looked out on either quarter, and one man employed, washing the mud off binnacle glass. We had seen two vessels to the north and north-west of us before the sky closed in, adding much to the anxiety of our position. At noon the darkness was so intense that we had to grape our way about the decks, and although speaking to each other on the poop, yet could not see each other. This horrible state and downpour of mud, etc. continued until 1.30, the roarings of the volcano and lightnings being something fearful. By 2 p. m. we could see some of the yards aloft, and the fall of mud ceased. By 5. p. m. the horizon showed out in the north

and north-east and we saw West-Island bearing east and north, just visible. Up to midnight the sky hung dark and heavy, a little sand falling at times, the roaring of the volcano very distinct, although in sight of the North Watcher, and fully sixty five or seventy miles off it. Such darkness and time of it in general few would conceive and many, I dare say, would disbelieve. The ship, from truck to waterline is as if cemented; spars, sails, blocks, and ropes in a terrible mess; but, thank God, nobody hurt or ship damaged.

On the other hand, how fares it with Anjer, Merak, and other little villages on the Java coast?

131. M. E. Metzger, de Stuttgart, déclare dans »Nature", N°. 741, Jan. 10, 1884, page 241, ne pas pouvoir concilier le récit du capitaine Watson avec les rapports d'Anjer. Le matin, toutefois, Anjer n'était pas détruit totalement, mais seulement en partie; les derniers édifices ne furent renversés qu'*après* 10 heures.

132. Rapport officiel du Résident de Riouw au Gouvernement, du 28 Août. Javasche Courant du 7 Septembre.

133. Algemeen Dagblad du 4 Septembre. Je reproduis aussi, intégralement, cette autre relation d'un témoin oculaire.

Dans le Détroit de la Sonde, pendant l'éruption.

»Peu de navigateurs, sans doute, se seront trouvés dans des circonstances »plus terribles que celles subies, dans le Détroit de la Sonde, depuis l'après-»midi du Dimanche jusque dans la nuit du Mardi, par le *Berbice*, com-»mandant Logan, arrivé hier avec du pétrole de New-York.

»Nous donnons ici la relation du brave commandant."

Dimanche (26 *Août*), 2 *heures de l'après-midi,* Etions à 20 milles (marins) droit au sud du Vlakken Hoek. Le ciel devant nous très sombre et menaçant, le soleil brûlant. Serré toutes les petites voiles.

4 *heures de l'apres-midi.* Le temps resta menaçant, serré les boulingues.

6 *heures de l'après-midi.* Tonnerre violent et éclairs, pluie de cendre soudaine et assez forte. Il faisait alors déjà complètement obscur.

Minuit. La pluie de cendre augmente considérablement et est mêlée de petits fragments de ponce.

La foudre et le tonnerre devenaient de plus en plus violents, les éclairs se croisaient au-dessus du navire. Sur le pont s'abbattaient continuellement des boules de feu, qui éclataient en étincelles. On voyait le météore igné tomber à ses pieds, un bruit, un fracas épouvantable se faisait entendre et les étincelles se projetaient de tous côtés, tantôt sur le pont, tantôt dans les agrès. Le timonier reçut de fortes secousses dans le bras; le cuivre du gouvernail devint brûlant par les décharges électriques. Les

phénomènes électriques sur le navire même se répétaient à tout moment. De temps en temps un matelot se plagnait d'être atteint. Je le tranquillisais et tâchais de lui ôter cette idée de la tête; jusqu'à ce que moi-même, me retenant par le bras à quelques cordages du gréement, et la tête baissée pour éviter l'aveuglante pluie de cendre qui cinglait le visage, je ressentis tout à coup une forte commotion dans le bras, qui me fit lâcher prise et ne me permit plus de le remuer pendant plusieurs minutes. Je fis alors étendre des voiles sur les écoutilles, de crainte que ma cargaison ne prît feu, je fis amarrer le gouvernail et je commandai tout le monde en bas; restant seul sur le pont avec le second Morland.

Lundi, 2 heures du matin. Trois pieds (?) de cendres couvraient maintenant le navire. Je devais à chaque instant dégager mes jambes pour ne pas les voir complètement ensevelies sous la cendre. Quoique l'orage, le bruit et les effrayants phénomènes électriques continuassent sans interruption, j'appellai tout le monde sur le pont, pour enlever la cendre à la lueur des lanternes. Bien qu'on ne s'en aperçut pas au moment du contact avec la peau, la cendre était brûlante, car les fragments les plus gros perçaient de petits trous dans les habits et les voiles.

Jusqu'à 8 heures du matin il ne survint aucun changement. A cette heure il régnait encore une obscurité profonde, et la pluie de cendre devenait de plus en plus épaisse. On travaillait sans relâche à déblayer la cendre.

11 *heures du matin.* Il s'éleva du Sud-Est un vent violent et persistant, qui plus tard eut une tendance à adonner et qui fit fortement pencher le navire.

3 *heures de l'après-midi.* Soudain arriva une grosse lame, qui s'éleva à 20 (?) pieds de hauteur et couvrit le navire, en le secouant de la proue au gouvernail. Pendant ce temps l'orage continuait toujours. Le mercure et les aiguilles des baromètres ne s'arrêtaient pas un instant, mais montaient et descendaient sans cesse, entre 28 et 30 pouces (anglais). Voulant voir comment s'étaient comportés les chronomètres, je descendis et constatai que le choc du navire les avait fait s'arrêter.

6 *heures de l'après-midi.* L'obscurité et l'orage persistaient, mais la mer était relativement calme à ce moment. A la lueur des éclairs on voyait de tous côtés s'étendre une mer de ponce.

Minuit. L'orage semblait vouloir s'apaiser. la foudre restait à plus grande distance.

Mardi, 4 heures du matin. Temps un peu plus calme. Hissé le lower main top sail.

8 *heures du matin.* Revîmes la clarté du jour; temps calme et serein. Tout le bâtiment était couvert d'une couche de cendre ayant bien 8 pouces

(anglais) d'épaisseur; sur les vergues et les cordages la cendre, humectée par la bruine, avait formé en se desséchant, une croûte légèrement durcie.

En tout, on doit avoir déblayé au moins 40 tonnes de cendre. Je mis plus de voiles dehors.

Midi. Gouverné, sous toutes voiles, sur le premier cap de Java (Java Head.) L'épaisse couche de pierre ponce empêchait d'avancer beaucoup.

Minuit. Vu le feu du premier cap de Java. En passant devant Prinseneiland, nous aperçûmes de grands bancs de ponce, de 18 pouces (anglais) à 2 pieds d'épaisseur.

Dans l'après-midi nous passâmes à l'Est de Krakatau. A ce que je pus voir, cette île était séparée en trois parties par deux coupures.

La mer restait toujours couverte de ponce, et nous voyions continuellement flotter çà et là des cadavres.

Près de Dwars in den Weg j'ai cru voir un écueil qui s'était formé entre cette île et Anjer (ponce flottante Verb.).

Le commandant déclara qu'après cette épreuve traversée par son navire, dont à proprement parler les voiles seules étaient endommagées, il ne craignait plus d'affronter avec lui n'importe quel temps.

Personne n'avait songé à boire ni à manger pendant ces terribles 24 heures.

»Outre le *Berbice*, deux autres navires se sont trouvés, vers cette date, dans le Détroit de la Sonde; de Merak, le Dimanche, on les a vus dans le lointain, sortants, de sorte qu'ils ont peut-être eu le bonheur de franchir à temps l'aire de perturbation." (Ce doivent avoir été le trois-mâts américain *W. H. Besse* et le navire anglais *Charles Bal*, ce dernier, toutefois, non pas sortant, mais entrant Verb.).

134. Copie de ce rapport, adressée, le 31 Août, par le maître de port au Gouverneur de la Côte Ouest de Sumatra, et, le 11 Septembre, par celui-ci au Gouvernement.

135. Bataviaasch Handelsblad du 30 Août.

136. Algemeen Dagblad du 29 Août.

137. » » » 30 Août; le même dans le Java-Bode du 31 Août.

138. Bataviaasch Handelsblad du 31 Août.

139. Nieuwe Rotterdamsche Courant du 23 Octobre 1883; relation envoyée par l'Ingénieur des Ponts et Chaussées R. van Sandick.

140. Bulletin Mensuel de la Société Scientifique Flammarion, Argentan, Tome II, 1884, pag. 4—28. R. van Sandick, *Le désastre de Krakatau.* (Avec une petite carte du Détroit de la Sonde, sur laquelle est indiquée la route du *Loudon*). Cette relation donne une assez bonne idée de l'éruption, mais elle contient, au sujet de la disparition et de la formation d'îles, les anciennes inexac-

titudes, répandues par les premières nouvelles confuses des journaux. (L'ilôt de *Tempoza*, près de Merak, a disparu entièrement, tandis que l'île de *Dwars in den Weg* s'est divisée en cinq parties nettement distinctes, etc.). Voir la même relation dans la revue française »Nature", du 29 Décembre 1883.

140ª. Javasche Courant du 5 Octobre. Parmi ces 34 personnes il y a 10 forçats du phare et un mandoer. Les informations du Javasche Courant du 11 et du 18 Septembre portaient le nombre des victimes à 39.

141. Relevé officiel du Résident des Districts des Lampongs, Javasche Courant du 19 Octobre. Ce relevé donne 5 Européens et 12539 indigènes, Chinois et orientaux étrangers, tandis que notre liste, outre 5 personnes de la division Sekampong (voir pag. 54) indique 12456 personnes. Ce dernier chiffre, qui m'a été communiqué par le Résident des Districts des Lampongs en Avril 1884, est le vrai. A Sebési ont péri, d'après estimation, 3000 personnes, dont 1000 ne se trouvaient que temporairement dans l'île. A Seboekoe, 150, dont 70 n'y étaient que de passage, leur domicile étant ailleurs. Ces 3150 sont comprises dans le nombre 8037 pour Ketimbang.

142. Relevé officiel du Résident du Bantam, Javasche Courant du 6 Novembre. Ce document donne le nombre de 21538 personnes; notre liste, d'après une communication du Résident du Bantam, du 23 Avril 1884, en indique 21533. Parmi les 1933 victimes de la division Sérang sont compris 161 Chinois; dans le chiffre relatif à Anjer sont compris 7 Chinois d'Anjer et 12 de Merak, ensemble 19 Chinois (hommes et femmes). Au *chef-lieu* Anjer ont péri, outre les Européens et les Chinois, 568 indigènes, au *chef-lieu* Tjaringin 1880 indigènes.

143. Relevé du Résident de Batavia, du 21 Mai 1884.

143ª. Javasche Courant du 4 Septembre. Au kampoeng Pakies, 2 enfants se noyèrent.

144. Java-Bode du 17 Septembre.

145. » » 6 Octobre.

146. Javasche Courant du 12 Octobre.

147. » » » 26 Octobre.

147ª. Communication de M. D. Coops, premier assistant au bureau hydrographique de Batavia. Les renseignements relatifs à l'*Hydrograaf* ont été fournis par le Lieutenant de vaisseau de 1ère classe M. M. C. van Doorn.

148. Rapport officiel du Résident de Batavia au Gouvernement, du 31 Octobre.

149. Algemeen Dagblad du 25 Octobre.

150. Java Bode du 15 Novembre.

151. » » 22 Février 1884.

152. Bataviaasch Handelsblad du 25 Février 1884.

153. Communication du Dr. H. Onnen à Salemba.

---

no title

IV.

CAUSES DE L'ÉRUPTION DE 1883. CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES SUR LES ÉRUPTIONS EN GÉNÉRAL.

Les volcans, on le sait, ne se trouvent pas disséminés tout à fait sans règle à la surface du globe terrestre, mais la plupart d'entre eux sont alignés à la suite les uns des autres, en chaînes plus ou moins longues. Comme exemples on peut citer les volcans de l'Amérique du Sud, ceux de l'Amérique centrale, ceux de l'Alaska et des îles Aléoutes, ceux du Kamtchatka, des Kouriles et du Japon, ceux des Philippines et du nord de Célèbes (Menado), enfin ceux des petites îles de la Sonde, de Java et de Sumatra.

Cette distribution particulière ne peut pas être l'effet du hasard; il doit y avoir une cause qui a poussé les matières fondues à s'épancher de préférence suivant certaines directions, et l'idée la plus naturelle est de chercher cette cause dans les déchirures ou les fentes de l'écorce terrestre.

Pour Sumatra, j'ai essayé de montrer que l'origine première des fentes doit être attribuée à des plissements de l'écorce terrestre, qui dans cette île, depuis les temps les plus reculés jusqu'à ce jour, eurent constamment lieu à peu près dans la même direction. Non seulement les grands volcans, mais aussi les petits, de date un peu plus ancienne, sont disposés en chaînes, qui courent parallèlement à l'axe longitudinal de Sumatra (N. O.—S. E.). L'andésite, de l'époque tertiaire ancienne, les diabases, qui parurent au jour après la fin de la période carbonifère, et les roches granitiques anciennes possèdent

également cette direction, et cela est même le cas des roches sédimentaires de Sumatra (**154**). Tous ces faits s'expliquent de la manière la plus simple par des plissements; si la pression agit toujours dans la même direction, les fractures, qui doivent alors nécessairement se produire, seront à peu près parallèles, de sorte qu'il se formera des lignes, parallèles entre elles, de plus faible résistance. Les produits fondus apparaîtront de préférence le long de ces lignes et, en outre, c'est surtout suivant elles qu'auront lieu de petits glissements de l'écorce terrestre, des failles ou rejets, d'où résulteront en général des tremblements de terre. C'est aussi par ces failles que l'eau, eau de pluie ou eau de mer, peut le plus aisément pénétrer jusqu'aux matières fondues qui se trouvent sous la croûte solide; elle développe alors de la vapeur à haute température et à tension énorme, ce qui peut avoir pour conséquence des eruptions, ainsi que nous le verrons plus loin. Aussi les volcans se trouvent-ils généralement dans des régions où les masses minérales ont été fortement dérangées, par des plissements ou des dislocations, de leur position primitive; c'est également dans ces terrains que les tremblements de terre se produisent le plus fréquemment, tandis que de vastes contrées, où les couches les plus anciennes ne montrent aucun dérangement, sont presque entièrement exemptes de secousses du sol; comme c'est par exemple le cas pour la plus grande partie de la Russie.

Le rôle considérable que les crevasses et les failles jouent dans les tremblements de terre s'est déjà souvent manifesté, entre autres dans les tremblements de terre du nord de l'Italie. Une grande zone de territoire, qui s'étend en arc depuis le lac de Garde, par Roveredo et Ala, Bellune, S[ta] Croce, Udine, Adelsberg et Klana jusqu'à Fiume, et qui est très sujette aux tremblements de terre, forme propablement la limite, vers les montagnes situées au nord, c'est-à-dire vers les Alpes, d'un sol en voie d'affaissement lent. Des commotions se produisent en outre le long de fentes qui, par rapport à cette zone arquée, ont une direction radiale, et sur ces lignes on a pu constater distinctement des rejets des couches, tant dans le sens vertical

que dans le sens horizontal. Près du petit lac de S[ta] Croce, à l'est de Bellune, entre autres, les deux parties de la montagne ont glissé *horizontalement* l'une sur l'autre (**155**).

Les relations du dernier tremblement de terre d'Ischia (28 Juillet 1883) mentionnent aussi que Casamicciola, le bourg le plus éprouvé, se trouve très près de l'intersection de deux déchirures de l'écorce terrestre (**156** à **157***). Ce tremblement de terre est attribué à l'action du vulcan d'Ischia, l'Epomeo.

Quant aux causes des tremblements de terre, les opinions sont encore partagées. Quelques savants regardent ces phénomènes comme dus à la formation subite de vapeur dans des cavités souterraines, et cette hypothèse offre beaucoup de probabilité, car l'eau chaude et la vapeur ne manquent pas sous la surface du sol, ainsi que le prouvent les sources thermales et les grandes quantités de vapeur que certains volcans et fumerolles dégagent incessamment. L'existence d'espaces creux souterrains peut aussi être admise avec certitude, puisque les sources chaudes amènent au jour beaucoup de matières dissoutes, ce qui implique la formation de cavités dans la roche solide; à la limite de la croûte terrestre solide et des matières en fusion il doit également se trouver des espaces creux, soit qu'on se figure la masse fondue confinée dans des foyers spéciaux, à une assez faible distance au-dessous de la surface, soit qu'on se la représente formant, à une profondeur plus grande, un anneau continu entre l'écorce solide et le noyau central, qui, par suite de l'énorme pression est probablement aussi à l'état solide. Les tremblements de terre doivent donc, d'après les savants qui adoptent cette opinion, être considérés comme une sorte d'éruptions volcaniques qui n'auraient pu s'élever jusqu'à la surface. Pour eux, la distinction tranchée entre les tremblements de terre volcaniques et non volcaniques s'efface.

Les ébranlements que détermine la formation même de la vapeur et ceux qui se produisent lorsque cette vapeur passe d'une cavité dans l'autre, en brisant subitement par sa pression la paroi rocheuse qui les séparait, ces ébranlements sont regardés, dans cette hypothèse,

comme la cause des vibrations qui se propagent, sous forme de tremblements de terre, jusqu'à la surface.

Aristote paraît être le premier qui a attribué les tremblements de terre à la pénétration de l'eau et à la formation subséquente de vapeur.

Il convient de faire remarquer que, si la vapeur d'eau est toujours la cause du phénomène, on pourrait s'attendre à voir, au moins dans quelques tremblements de terre, de la vapeur s'échapper par les fentes ou déchirures de l'écorce terrestre, ce qui, à ma connaissance, n'a jamais été observé. D'un autre côté, à l'appui de l'hypothèse en question, on avance aussi que la plupart des éruptions volcaniques sont précédées de tremblements de terre, qui diminuent en violence dès que le volcan commence à agir (**158**). Cela peut être vrai dans certains cas, mais avant la grande éruption du Krakatau aucun tremblement de terre important n'a été ressenti, ni au mois de Mai, ni au mois d'Août; les quelques secousses notées sur les côtes du détroit de la Sonde étaient très insignifiantes.

D'autres savants rapportent une catégorie de tremblements de terre à des actions volcaniques, une autre — ceux qui ont lieu dans des contrées non volcaniques — à des écroulements souterrains, lesquels détermineraient également des secousses. Tout récemment encore, les grandes commotions de l'écorce terrestre, qui se sont fait sentir sur de vastes étendues, ont elles-mêmes été expliquées de cette manière, en admettant que les effondrements, dans les espaces vides souterrains, s'étaient effectués *à une grande profondeur* (**159**). Cette hypothèse, très ancienne aussi, a été reprise par M. Boussingault et développée par M. Hopkins et d'autres.

Le flux et le reflux de la partie fluide interne du globe ont également été invoqués pour l'explication des tremblements de terre et des éruptions volcaniques (**160** et **161**). Les relevés des tremblements de terre en Grèce et à Smyrne, et en Suisse (**162** et **163**) ont montré qu'un minimum correspond aux quadratures, un maximum aux syzygies, résultat auquel Perry était déjà arrivé antérieurement pour les tremblements de terre de l'Italie. Bien que, d'après cela, la

position de la lune et du soleil par rapport à la terre soit certainement un facteur dont on doit tenir compte et qui peut, par exemple, avancer le moment d'un tremblement de terre ou d'une éruption, il est impossible d'y voir la cause essentielle de ces phénomènes, car alors ils se produiraient beaucoup plus régulièrement et l'on pourrait calculer d'avance le temps propable de leur apparition. Or, c'est à quoi l'on n'est pas parvenu jusqu'ici et, en ce qui concerne spécialement notre éruption du Krakatau, les jours du 20/21 Mai et du 26/27 Août ne sauraient nullement servir d'appui à la théorie en question. D'après le calcul de M. MELCHIOR, ingénieur à Batavia, la force théorique de la marée était, le 20 Mai, relativement petite, et le 26 Août elle était même si faible que, pour cette éruption du moins, on peut hardiment mettre en doute tout rapport avec la force de la marée (**164**).

Je passe maintenant aux éruptions volcaniques elles-mêmes, en me bornant à exposer brièvement la manière la plus probable dont, à mon avis, elles se produisent.

La plupart des géologues admettent aujourd'hui que la force qui pousse les matières fondues à s'élever dans les cheminées volcaniques, parfois à une hauteur de plusieurs milliers de mètres, doit tout simplement être cherchée dans la vapeur que l'eau engendre dès qu'elle vient en contact direct avec les matières en fusion, ou dès qu'elle descend dans des espaces où règne une haute température. Ils se représentent la terre passée seulement en partie à l'état solide; la croûte s'est solidifiée par le refroidissement, et le noyau, où se sont accumulées les matières les plus lourdes, est probablement aussi à l'état solide, en vertu de la forte pression qu'il subit; mais, entre ces deux parties, il y a une zone, ou plutôt une coque, où se trouvent encore des matières en fusion. Il ne me paraît pas improbable que ces matières forment une seule masse continue, ce qui toutefois n'empêche pas que, de ce réservoir général, des portions de matières fondues ne puissent être refoulées dans des cavités distinctes situées plus haut, et former ainsi, au sein de la croûte solide, des amas particuliers, des lacs souterrains de lave. C'est ainsi que je me figure ce qu'on

appelle les foyers volcaniques; tout en ayant chacun une existence séparée, ils n'en seraient pas moins, par l'intermédiaire du réservoir général situé plus profondément, en communication entre eux, de telle sorte, par exemple, qu'une forte pression dans l'un des foyers se ferait nécessairement sentir dans tous les autres.

L'introduction de l'eau dans les espaces souterrains peut se faire par capillarité des roches, ou bien suivant les déchirures et les fissures de la croûte solide. M. Daubrée a montré expérimentalement que par l'action capillaire l'eau traverse des plaques de grès, même lorsqu'il existe une contre-pression considérable (**165**).

Des quantités plus grandes peuvent pénétrer subitement, quand le long d'une faille il s'opère un mouvement tel que la fente s'ouvre d'abord un peu, pour se refermer ensuite.

Arrivée en contact avec les matières fondues, dont la température peut certainement être évaluée à plus de 1000° Cels. (**165ª**), l'eau se transforme entièrement en vapeur, puisque, au-dessus de la température dite *critique*, elle ne peut exister à l'état liquide. On sait que pour chaque gaz il y a une témperature déterminée, au-delà de laquelle la condensation en liquide, même à la plus haute pression réalisable, n'est plus possible. Cette témperature diffère beaucoup d'un gaz à l'autre. Pour l'acide carbonique elle est de 30°.9, pour l'éther de 196°.2, pour le sulfure de carbone de 276°.1 et pour l'eau de 411°.5 Cels. (**166**).

Du moment que l'eau, dans la cavité souterraine, est échauffée au-dessus de 411°, elle passe donc tout entière à l'état de vapeur, et si l'espace que la vapeur trouve à remplir n'est guère plus grand que le volume primitif de l'eau, elle possédera une densité considérable et une tension enorme. Dans ces conditions, la vapeur devient comparable aux gaz explosifs, ainsi que l'ont montré, entre autres, les expériences sur la vapeur surchauffée dans des tubes fermés. M. Daubrée, voulant étudier l'action que l'eau ou la vapeur à haute température et à haute pression exerce sur les silicates, introduisit différentes de ces matières, avec de l'eau, dans des tubes de fer d'un diamètre intérieur de 21 mm. et d'une épaisseur de 11 mm. Ces tubes ayant été fermés, puis chauffés jusqu'à 450° Cels., il arriva

plusieurs fois qu'ils firent explosion, avec une violente détonation, semblable à un coup de canon. Comme le tube était presque entièrement rempli d'eau, la vapeur formée doit avoir eu, selon M. DAUBRÉE, une densité d'environ 0.9; la pression, qui doit avoir été très considérable, ne peut être calculée exactement.

Si quelques centimètres cubes de vapeur à 450° sont déjà capables de faire éclater un épais tube de fer, il est facile de comprendre que dans les espaces souterrains, où règne une température beaucoup plus élevée, la tension de la vapeur puisse devenir assez forte pour soulever la lave de ces réservoirs dans les conduits volcaniques à plusieurs centaines de mètres de hauteur et la faire couler par-dessus les bords du cratère. La densité de la lave pouvant être évaluée en moyenne à 2.5, chaque hauteur de 4 mètres, dans la colonne de lave, équivaut à 1 atmosphère de pression, de sorte qu'une colonne de 4000 mètres — et telle doit être au moins la hauteur dans l'Etna, pour la lave qui se déverse par le sommet — correspond à 1000 atmosphères.

Aux températures supérieures à 1000° Cels. il se produit encore un autre phénomène susceptible d'accroître la tension dans les espaces souterrains, savoir la *dissociation*.

GROVE avait déjà fait voir (**166**[a]) que la vapeur d'eau, au contact d'un fil de platine rendu incandescent par voie électrique, se décompose, en proportion très appréciable en ses éléments, oxygène et hydrogène; mais il était réservé à M. H. SAINTE-CLAIRE DEVILLE d'expliquer ce phénomène, comme étant un cas particulier de ce qu'il appela dissociation, c'est-à-dire, de décomposition graduelle, dépendant de la température et de la pression.

Les recherches faites sur les phénomènes de cet ordre (**166**[b]) ont montré qu'une augmentation de pression ralentit la dissociation et peut même l'empêcher presque complètement.

Or, sous les volcans, dans le réservoir de lave, règne comme nous l'avons vu, une très haute tension de vapeur (250 atmosphères déjà pour une colonne de lave de 1000 mètres. De plus, la température du *magma* fondu, dans le cratère et jusque tout près de la surface, est d'environ 1130°, — car tel est le point de fusion de roches qui

par leur composition se rapprochent de nos roches de Krakatau, (voir **165°**) — et elle ne dépasse donc que de 100 à 200 degrés la température (un peu au-dessous de 1000° Cels.) à laquelle commence la dissociation.

Pour l'une et l'autre raison, la dissociation ne peut être importante dans la région des laves, et il n'est même pas sûr qu'elle s'y opère à un degré quelconque, vu que la température à laquelle commence la dissociation s'élève probablement à mesure que la pression augmente. Un accroissement de tension dû à la dissociation, accroissement qui en cas de dissociation complète serait évidemment de 50%, — parce que 2 volumes de vapeur d'eau donnent par leur décomposition complète 2 volumes d'hydrogène et 1 volume d'oxygène, que le volume à pression constante est donc augmenté dans le rapport de 2 : 3, et que par conséquent la pression à volume constant croît dans ce même rapport, — n'aura donc probablement pas lieu dans l'espace à lave, ou ne s'y produira que dans une très faible mesure.

Les choses se passeront un peu autrement, toutefois, dans la cheminée du cratère et surtout à sa partie supérieure, parce qu'ici l'influence contraire de la pression est partiellement supprimée. Une bulle de vapeur d'eau, qui au bas du conduit volcanique a une température de 1100 à 1200° C. et une tension de quelques centaines d'atmosphères, à raison de laquelle la vapeur n'est mêlée que d'une très petite quantité de gaz oxy-hydrique, cette bulle, en s'élevant dans la colonne de lave, conservera à peu près la même température, mais sa tension diminuera de plus en plus. Par suite, la dissociation augmentera, et au moment où la bulle arrivera à la surface de la lave dans le cratère, la quantité de vapeur dissociée sera celle qui correspond à la température d'environ 1130° C. et à *une* atmosphère de pression. La vapeur d'eau qui se dégage doit donc être mêlée d'hydrogène et d'oxygène, et, des observations faites par M. Fouqué à Santorin, il résulte que tel est effectivement le cas (**166°**).

Les gaz qui se sont échappés pendant les éruptions du Krakatau, en Mai — Août, n'ont été l'objet d'aucun examen; pour les raisons ci-dessus exposées, je crois toutefois pouvoir admettre que, dans ces

éruptions aussi, la dissociation n'a joué, tout au plus, qu'un rôle très subordonné. Quant à la question de savoir si les gaz oxygène et hydrogène, rapidement refroidis et dilatés dans les couches atmosphériques supérieures, se recombineront en dehors du cratère, cela me paraît extrêmement douteux; on sait, en effet, que le refroidissement rapide, au-dessous de la plus basse température à laquelle les gaz dissociés puissent encore s'unir, est précisément l'un des moyens employés pour *empêcher* la recombinaison de ces produits de la dissociation (LOTHAR MEYER, *Die modernen Theorien der Chemie*, 1884, p. 412).

Les violentes détonations qui se faisaient entendre lors des éruptions ne peuvent donc guère provenir de l'union subite, avec explosion, d'oxygène et d'hydrogène, mais elles doivent probablement être attribuées aux mêmes causes qui produisent le bruit dans la décharge des armes à feu, c'est-à-dire, à la forte et soudaine expansion des gaz dégagés et aux mouvements rapides qui en résultent dans l'air ambiant.

L'intensité inouïe des détonations du Krakatau s'explique suffisamment par les gigantesques dimensions de notre bouche à feu volcanique et par la vitesse très considérable des matières qu'elle a lancées.

Dans la plupart des éruptions, non-seulement de la lave s'écoule tranquillement du cratère ou d'une crevasse latérale du volcan, mais des matières pulvérulentes, dites cendres et sables volcaniques, sont aussi rejetées, avec beaucoup de force, en dehors du cratère. Dans la récente éruption du Krakatau, aucune coulée de lave n'est même sortie du volcan, tout a été éjaculé sous la forme de fragments de ponce, de sables et de cendres.

On se rend le mieux compte de ces violentes actions en admettant que la vapeur s'est subitement frayé un passage *à travers la lave.*

Si dans un espace A B, fig. 32, rempli jusqu'en *a* de matières fondues, de l'eau pénètre, soit par une lente infiltration capillaire, soit d'une manière plus soudaine par une fente *s* temporairement ouverte, l'eau sera bientôt convertie en vapeur, qui, s'accumulant dans l'espace en *C*, exercera une pression sur la masse de lave. Si

la pression devient plus forte, le niveau baissera de *a* en *b*, et par contre il s'élèvera dans tous les conduits volcaniques qui communiquent avec le réservoir de lave, en supposant que ces conduits ne soient pas obstrués. La pression continuant à augmenter, et la surface de la lave descendant par suite jusqu'en *c*, une partie de la vapeur s'échappera subitement vers *D*; il peut en résulter un tremblement de terre, ou même une petite éruption si la lave est déjà montée jusque près de l'orifice *f* du conduit. Lorsque la surface est arrivée en *d*, une autre portion de la vapeur trouve un passage vers *E*; mais la grande éruption proprement dite n'a lieu que lorsque la lave a été déprimée jusqu'en *e*, parce qu'alors une partie de la vapeur à haute tension peut tout à coup, de l'espace *C*, à travers *p*, s'échapper par le conduit volcanique vers *f*. Ce conduit, toutefois, n'est pas vide, mais rempli de lave jusqu'à une certaine hauteur, peut-être jusque près de la surface, de sorte que la vapeur doit s'ouvrir un passage à travers la lave. La vapeur et les gaz à haute pression se dilatent très rapidement et entraînent avec eux les particules de lave, qui sont rejetées, ou plutôt lancées, en poussière fine. L'action est comparable au tir d'un pistolet ou d'un fusil chargé d'eau: l'explosion divise cette eau en fines gouttelettes. La force de détente des gaz doit avoir été extrêmement grande dans l'éruption du Krakatau, car les particules de cendre ont été projetées à une hauteur de plusieurs dizaines de kilomètres.

Après l'éruption la lave restante descend dans le conduit volcanique et ferme le passage *p*, de manière que le conduit et l'espace *C* sont alors de nouveau séparés l'un de l'autre. Il se reforme de la vapeur, et lorsque la pression est suffisante pour faire baisser le niveau jusqu'en *p*, une nouvelle éruption se produit, et ainsi de suite. Si l'espace *C*, jusqu'au niveau *e*, est grand par rapport à la capacité du conduit, il peut arriver que la lave soit déjà montée jusqu'en *f* avant que la vapeur puisse échapper en *p*; dans ce cas, la lave s'écoulera paisiblement en *f*, et cette éruption de lave ne sera suivie d'une éruption de cendres que lorsque le niveau, dans l'espace *C*, sera descendu jusqu'en *e*.

Il paraît que cette explication des éruptions de cendres a été donnée pour la première fois par Menard de la Groye et Moricand (**167**); une disposition telle que nous l'admettons ici pour les volcans a déjà été invoquée il y a longtemps pour rendre compte de l'action des Geysers de l'Islande; en ce qui concerne le grand Geyser, toutefois, M. Bunsen, comme on le sait, a proposé plus tard une explication meilleure (**168**).

Récemment, M. Cordenons a donné la même explication des éruptions volcaniques (**169**).

Lorsque, après une ou plusieurs éruptions, il ne reste plus assez de lave pour fermer l'espace *C* en *p*, de nouvelles éruptions ne peuvent plus se produire, parce que la vapeur et les gaz s'échappent en *p* au fur et à mesure de leur formation: c'est la période de l'action des fumerolles.

On conçoit d'ailleurs que des volcans voisins, et qui correspondent à un même réservoir de lave, ne doivent pas nécessairement entrer en activité tous à la fois. A la vérité, si aucune des cheminées volcaniques n'est bouchée, la lave, en cas d'accroissement de pression, s'élèvera dans toutes jusqu'à une certaine hauteur; mais, lorsqu'une éruption de cendres a lieu dans le volcan I, en d'autres termes, lorsque la vapeur trouve à s'échapper de *C* en *p*, il ne peut pas encore se produire une éruption de cendres dans le volcan II, parce que, le point *q* étant situé plus bas que *p*, la vapeur ne peut s'échapper par *q*. Si toutefois la capacité des cheminées volcaniques est assez petite pour que, avant l'éruption de cendres, la lave puisse se déverser, ce volcan-là agira le premier dont le cratère est le moins élevé au-dessus du niveau de la mer.

On doit remarquer, enfin, qu'une éruption peut être avancée, et aussi renforcée, si en *p* une partie du conduit volcanique inférieur, par exemple le tronçon *r*, s'écroule; c'est ce qu'un coup d'oeil sur notre fig. 32 fait aisément comprendre.

Si les idées que nous venons d'exposer au sujet de la structure du foyer volcanique et de la théorie des éruptions sont conformes à la vérité, il faut — en admettant que pendant une même série

d'éruptions les réservoirs souterrains ne reçoivent aucun nouvel apport de lave — *ou bien* qu'il ne se produise que des éruptions de cendres, comme cela a été le cas à Krakatau de Mai en Août 1883, *ou bien* que les éruptions de cendres succèdent à l'écoulement de lave. Notre théorie trouve certainement un appui dans le fait, bien connu, qu'effectivement les éruptions de cendres annoncent très souvent la *fin* d'une période d'activité; là même où des éruptions de lave ont lieu latéralement, sur la pente du volcan, elles sont parfois suivies de projections de cendres se faisant par le sommet (**169***).

Lorsque, toutefois, un nouvel apport de lave vient alimenter le réservoir *après* une éruption de cendres, celle-ci peut très bien être suivie d'un écoulement de lave. En outre, il est à peine nécessaire de dire, au sujet de cette théorie des éruptions volcaniques, que je ne la regarde *nullement comme la seule possible.* Je la tiens seulement pour probable dans beaucoup de cas, parce qu'elle explique souvent d'une manière très satisfaisante les phénomènes observés.

Après ces considérations générales, je reviens au Krakatau et aux causes qui peuvent avoir amené la grande éruption de ce volcan.

Les volcans de Sumatra sont situés en partie sur une fente longitudinale, une ligne légèrement courbe, qui coïncide à peu près avec l'axe longitudinal de l'île, en partie sur des fentes transversales, qui coupent la direction principale sous des angles divers. Pour les volcans de Java, il en est de même.

Si l'on tire une ligne de Atjeh-hoofd, l'un des points les plus septentrionaux de Sumatra, au mont Tangka (ou Kalambajan des cartes marines), situé sur l'une des trois pointes qui terminent Sumatra au Sud, savoir, sur la pointe du milieu, cette ligne peut être prise pour axe longitudinal de l'île; sa direction est $138\,^1/_2{}^\circ - 318\,^1/_2{}^\circ$, donc environ N. O.—S. E. (**170**).

Joint-on le volcan le plus occidental de Java, le Karang, aux volcans les plus orientaux de l'île, savoir, le Wilis, le Keloet, le Kawi et le Semeroe, cette ligne a une direction de 105°.

Les deux lignes se coupent sous un angle d'un peu plus de 33°,

et le point d'intersection coïncide avec le volcan Krakatau lui-même. (Voir la petite carte fig. 3).

Les volcans Radja-Bassa à Sumatra, Sebesi et Krakatau dans le détroit de la Sonde, et Pajoeng à Java, ainsi que les îles Seboekoe et Poeloe Tiga, formées de roches volcaniques, se trouvent sur une ligne à peu près droite, une troisième direction volcanique, qui, par rapport aux deux axes longitudinaux de Sumatra et de Java, peut être considérée comme une fente transversale (**171**). Les trois directions se coupent donc précisément à Krakatau, de sorte que ce volcan est situé sur le point où se réunissent les trois foyers volcaniques de Sumatra, du détroit de la Sonde et de Java.

Il est probable que ces directions coïncident avec des failles, déchirures de l'écorce terrestre, suivant lesquelles auraient déjà eu lieu plusieurs fois de petits déplacements des parties contiguës. En faveur de cette présomption plaide fortement la circonstance que la mer est plus profonde au S. O. de Krakatau que dans les autres directions au voisinage de cette île. A l'Ouest de la fente de la Sonde on trouve généralement, sur l'ancienne carte marine hollandaise, des profondeurs de 122 à 144 mètres, à l'Est de cette fente, des profondeurs de 100 à 108 mètres; la pièce comprise entre la fente de Sumatra et la partie sud de la fente de la Sonde paraît donc s'être plus affaissée ou moins soulevée que le reste du fond du détroit; les fentes en question représenteraient donc bien réellement des lignes de rejet.

En ce qui concerne la fente de la Sonde, les localités situées dans cette direction, et surtout Java's 1ste Punt, ont subi, dans les dernières années, des tremblements de terre répétés. Le 1er Septembre 1880, les secousses furent même si fortes en ce point, que le phare en pierre éprouva de graves dommages. La partie supérieure cassa, pour ainsi dire, et dut en conséquence être démolie plus tard. On ne peut naturellement acquérir aucune certitude quant à la cause de ce tremblement de terre, mais il ne me paraît guère probable qu'il ait été occasionné par de la vapeur qui se serait subitement déplacée dans l'espace souterrain. Si cette commotion devait être con-

sidérée comme une éruption préliminaire, qui n'avait pu pénétrer jusqu'à la surface, il semblerait que les secousses eussent dû devenir de plus en plus violentes jusqu'au moment où commença l'éruption véritable, ce qui n'a nullement été le cas. Entre 1880 et 1883, des tremblements de terre ont été ressentis à différentes reprises tant à Java's 1ste Punt qu'à Ketimbang et à Anjer, mais ils étaient beaucoup plus faibles que celui de Septembre 1880. Après l'éruption d'Août 1883 eurent de nouveau lieu à Java's 1ste Punt des tremblements de terre, au moins aussi forts que ceux qui avaient précédé la crise volcanique.

Il reste toujours *possible* que ces secousses soient en relation avec les phénomènes volcaniques de l'espace souterrain, mais il semble plus probable qu'on doive les attribuer à d'autres causes, soit à un petit glissement subit de l'écorce terrestre suivant la fente de la Sonde, soit à des effondrements dans l'espace souterrain. Pour ces tremblements de terre *très limités*, et lorsqu'on peut difficilement en rendre compte par des actions volcaniques, la théorie des effondrements me paraît, en effet, très plausible.

Que le tremblement de terre assez intense du 1er Septembre 1880 ait été produit par un glissement suivant la faille, ou bien par un éboulement, dans les deux cas il a pu en résulter des changements de nature à rendre plus facile l'accès de l'eau au foyer volcanique situé sous le détroit de la Sonde. Si, par exemple, une couche imperméable à l'eau formait le toit de la cavité souterraine, et que cette couche se soit effondrée, l'eau aura pu s'infiltrer à travers les couches perméables ainsi mises à découvert; ou bien, la séparation entre la mer et l'espace souterrain sera devenue, par un mouvement de l'écorce terrestre suivant la faille, moins parfaite qu'elle ne l'était antérieurement, et cela encore aura permis à l'eau de s'introduire plus rapidement. Dans ces modifications je crois trouver la cause principale de l'éruption du Krakatau en 1883, éruption qui peut-être a été favorisée encore par un refoulement plus énergique, dû à des causes qui nous sont tout à fait inconnues, de la lave dans le réservoir sous-jacent au détroit de la Sonde. Le repos biséculaire du volcan

rend probable que durant ce laps de temps l'eau n'a pu arriver qu'en faible quantité au contact des matières fondues: le moteur, la vapeur à haute pression manquait donc. Après cette période, cet état de choses a changé, et au bout de 3 années déjà la pression était devenue suffisante pour déterminer l'une des plus formidables éruptions dont les temps historiques aient été témoins. Les éruptions du 20 Mai au 26 Août n'en furent que le prélude; la vraie crise eut lieu le 26 et le 27 Août.

V.

PHÉNOMENES QUI ONT ACCOMPAGNÉ L'ÉRUPTION DE 1883.

Les phénomènes qui ont eu lieu avant, pendant et après l'éruption de 1883 sont de nature très diverse; ils ont consisté en mouvements de l'écorce terrestre elle-même (tremblements de terre et effondrements), en mouvements de matières fondues et de produits gazeux, amenés de l'intérieur de la terre à l'extérieur, en mouvements de l'air et en mouvements de la mer; enfin, en phénomènes électriques et magnétiques. Dans les sections successives de ce chapître il sera traité séparément de chacune de ces catégories de phénomènes.

A. TREMBLEMENTS DE TERRE.

Au chapitre II on a vu qu'avant l'éruption du mois de Mai il s'est produit, aux alentours du détroit de la Sonde, quelques secousses de tremblements de terre, qui toutefois ne se sont distinguées *ni* par le nombre, *ni* par l'intensité.

On ne peut pas dire non plus que les tremblements de terre aient augmenté dans l'intervalle de Mai en Août, ni qu'une diminution ait été observée après l'éruption, d'où j'ai conclu, ainsi qu'il a déjà été mentionné ci-dessus, que ces petits tremblements de terre n'ont pas de relation directe avec Krakatau, mais sont le résultat de glissements suivant la fente transversale de la Sonde, ou bien d'éboulements souterrains.

Les secousses suivantes ont été ressenties, en 1883, au voisinage de Krakatau (172).

N°. 1. 9/10 *Mai* 1883. Java's 1e Punt. Un peu avant minuit.

N°. 2. 15 *Mai*. Ketimbang, assez forte.

N°. 2^a^. Du 15 au 20 *Mai*. Secousses répétées à Ketimbang.

N°. 3. 17 *Mai*. Anjer, légère secousse le soir à $10^h\ 25^m$.

20/21 *Mai*. 1ere éruption du Krakatau.

N°. 4. 27 *Mai*. Java's 1e Punt, le matin à $3^h\ 30^m$, $4^h\ 2^m$ et $4^h\ 20^m$, secousses assez fortes; le phare, toutefois, n'éprouva aucun dommage.

27 *Mai*. Teloeq Betoeng, une secousse horizontale, le matin à $3^h\ 30^m$.

27 *Mai*. Tjaringin, à 2^h et à $3^h\ 55^m$ du matin; la dernière de ces secousses ressentie aussi à Pandeglang.

27 *Mai*. Vlakke Hoek, à 4^h et à $4^h\ 30^m$ du matin; assez fortes.

N°. 5. 26 *Août*. Java's 1e Punt, le soir, à $7^h\ 50^m$, fortes secousses de tremblements de terre.

? 27 *Août*. A Anjer se produisirent, la nuit, entre 2 et 3 heures, une couple de secousses de tremblement de terre (?). (Ce n'étaient peut-être que des ébranlements dus à des vibrations de l'air. Verb.).

? 27 *Août*. Le matin (la nuit) à $1^h\ 30^m$, à 3^h et à 4^h, nouvelles secousses (?) ou trépidations à Java's 1e Punt. Dues, assez probablement, à des vibrations de l'air.

N°. 6. 1er *Septembre*. Menès (division Tjaringin, Bantam), à $3^h\ 45^m$ et à $4^h\ 30^m$ du matin.

1er *Septembre*. Tjimanoek (Pandeglang, Bantam) environ à 4 heures du matin, deux secousses.

N°. 7. 18 *Septembre*. Rangkas Betoeng (Bantam) $12^h\,{}^3/_4$ de l'après-midi.

18 *Septembre*. Malimping (Côte Sud du Bantam), à 1 heure après-midi.

18 *Septembre*. Java's 1e Punt, 1 heure après-midi, fortes secousses.

N°. 8. 19 *Septembre.* Java's 1e Punt, à 2 heures après-midi, deux secousses plus faibles.

N°. 9. 6 *Décembre.* Tremblement de terre, le soir à 7^h 30^m, dans une grande partie de la résidence Bantam, dans toute la division Tjaringin, à Lebak et à Goenoeng Kentjana (division Lebak) et à Pasaoeran (division Anjer).

Dans les 4 premiers mois de l'année, les rapports des localités littorales du détroit de la Sonde ne signalent pas de tremblements de terre. Ceux-ci commencèrent en Mai, à Java's 1e Punt et à Ketimbang, points situés *tous les deux* sur la fente transversale de la Sonde. Environ une semaine après le début de la première éruption, et pendant que le volcan était encore en activité, des secousses de tremblements de terre furent ressenties à Java's 1e Punt, au Vlakke Hoek, à Teloeq Betoeng et à Tjaringin, puis il y eut une période de repos, d'une durée de deux mois. Les indications concernant des secousses qui auraient eu lieu le 27 Août, pendant la violente éruption, sont très incertaines; il n'y a guère que la commotion ressentie à Java's 1e Punt, dans la soirée du 26 Août, qui paraisse avoir été un vrai tremblement de terre.

En Septembre, donc *après* l'éruption, on a éprouvé deux fois des secousses dans le Bantam, le 1er et le 18, et, à la seconde de ces dates, la commotion s'est aussi fait sentir assez fortement à Java's 1e Punt. Les conditions du phare, qui a toujours eu beaucoup à souffrir des tremblements de terre, ne paraissent donc pas s'être améliorées à la suite de la grande éruption du Krakatau. Ce n'est probablement pas la dernière fois que ce point, si défavorablement situé, aura fait parler de lui.

Le 6 Décembre il y eut un tremblement de terre qui s'étendit à une grande partie du Bantam, et en Janvier et Février 1884 (non compris dans la liste précédente) des secousses furent ressenties au phare du Vlakke Hoek. On ne peut donc pas dire précisément qu'une période de tranquillité ait commencé après l'éruption.

Il y a toutefois à faire ici, en ce qui concerne la cause, une distinction entre les secousses locales qui se produisent le long de la

fente de la Sonde, et les tremblements de terre plus étendus du Bantam, qui paraissent n'avoir aucun rapport avec la fente transversale.

Quant aux phénomènes de tremblement de terre qui auraient été observés en quelques points de l'Archipel, pendant l'éruption des 26 et 27 Août, il faut probablement n'y voir que des ébranlements occasionnés par des vibrations de l'air. Il est à remarquer que le mouvement de ces soi-disant tremblements de terre, qui accompagnaient ordinairement des détonations, est souvent décrit comme ayant été vertical, et que les secousses elles-mêmes étaient faibles. Evidemment, la vibration verticale des objets suspendus, tels que lampes, a été prise pour l'effet de tremblements de terre peu intenses.

B. MATIÈRES REJETÉES.

Des observations faites par l'ingénieur des mines SCHUURMAN, qui visita Krakatau le 27 Mai, et par le capitaine FERZENAAR, qui l'explora le 11 Août, il résulte que jusqu'à cette époque le volcan n'avait guère rejeté que des fragments de ponce et des cendres. Dans l'île même, on distinguait trois couches: l'inférieure était composée de fragments de ponce, puis venait de la cendre gris clair, enfin de la cendre gris foncé. La ponce paraît avoir été éjaculée surtout dans les premiers jours de l'éruption et avoir été suivie presque exclusivement, jusqu'au 26 Août, de matières plus fines, vulgairement appelées sables et cendres; l'épaisseur totale des produits éruptifs, tout près des cratères en activité, ne dépassait pas, le 11 Août, $^1/_2$ mètre. L'ingénieur SCHUURMAN trouva aussi quelques fragments de roches vitreuses, entre autres un morceau d'obsidienne noir-grisâtre, qui à l'un de ses côtés présentait une surface poreuse, d'aspect ponceux, là probablement où les gaz inclus, de la vapeur essentiellement, avaient pu se dégager de la masse fondue. Je suis entièrement de l'avis de M. SCHUURMAN, qui voit dans ces fragments des débris de la croûte solidifiée, continuellement brisée et se reformant sans cesse, qui recouvre le contenu du cratère.

Quant aux fragments d'andésites à péridot trouvés par M. SCHUURMAN, je crois qu'ils proviennent de roches plus anciennes, qui se trouvaient déjà à Krakatau antérieurement, ou qui avaient été rompues et rejetées par le cratère. Parmi les matières éjaculées en 1883, je n'ai, en effet, pas rencontré une seule roche à péridot primitif (bien à fragments de péridot plus anciens, inclus), et ce minéral n'est d'ailleurs guère à attendre dans les roches les plus récentes, assez acides, de Krakatau.

Lors de mon exploration au mois d'Octobre, j'ai trouvé à Krakatau même d'énormes amas de matières ponceuses grossières; le volume des fragments variait depuis 1 mètre cube jusqu'à des dimensions très petites, et ils étaient entremêlés de sable et de cendre; à Krakatau, du reste, les matières meubles très fines sont en quantité moindre que dans les îles voisines. Au côté est de l'île, gît directement sur la surface ancienne du volcan une cendre ponceuse grossière de couleur jaune, mêlée de ponce en fragments, et ces matières ne se distinguent pas des produits supérieurs. Je n'ai pas rencontré de blocs de ponce dépassant les dimensions de 1 mètre cube. A l'époque de ma visite, on ne voyait plus rien des produits que le volcan avait rejetés depuis le mois de Mai jusqu'au 25 Août, parce que ces produits n'étaient tombés que peu ou point sur la partie sud du pic, et que le reste de Krakatau s'était effondré.

Outre ce champ de ponce gris-jaunâtre, d'aspect très monotone, l'œil découvrait çà et là un fragment noir rétinitique, dont on ne pouvait toujours dire avec certitude s'il appartenait aux produits nouvellement formés; quelques-uns d'entre eux étaient peut-être des débris des andésites plus anciennes, riches en verre, qui, lors de l'effondrement de parties de l'île, étaient tombés dans le cratère et avaient été éjaculés avec le reste. Enfin, de rares fragments d'obsidienne à croûte ponceuse, ainsi que de ponce à croûte vitreuse brisée, faisaient encore quelque diversion à l'uniformité générale. Dans la masse des produits d'éruption, pour lesquels nous employons le nom de »sable ponceux", et qui couvrent le volcan à une hauteur de plusieurs dizaines de mètres, on ne remarque nulle part quelque

indice de déposition en couches, quelque différence de couleur ou de qualité des produits, ce qui au fond est assez naturel, puisqu'ils se sont formés en un petit nombre d'heures. Les blocs foncés d'obsidienne, de rétinite et d'andésite augitique riche en verre sont disséminés sans le moindre ordre dans la masse grise. Ce sable ponceux, qui a été éjaculé en partie mélangé d'eau de mer et par conséquent saturé d'humidité, était, au mois d'Octobre, dejà sillonné de ravins très profonds et très escarpés; l'action érosive de l'eau de pluie avait évidemment été favorisée par l'humidité des matières elles-mêmes. Les ravins avaient souvent 6 à 8 mètres de profondeur, et leurs bords étaient abrupts, parfois verticaux, de sorte que les descentes et remontées, nécessaires pour les franchir, rendaient l'ascension de la montagne très pénible.

Au côté postérieur (côté sud) du volcan, on voit sur les matières ponceuses deux courants de boue, épais de 0m.2 à 0m.3 et larges de 1 à 5 mètres, qui consistent en une cendre très fine, de couleur foncée; ils commencent à environ 200 mètres du sommet, par conséquent à 600 mètres au-dessus du niveau de la mer, et se prolongent, sur une longueur de 1300 mètres, jusqu'à 100 mètres au-dessus de la mer. Ils ont coulé en partie sur les croupes du dépôt ponceux, en partie dans les ravins et les crevasses dont il a été question ci-dessus, et où ils ne peuvent être arrivés qu'après l'érosion de ces ravins, érosion qui aura exigé plusieurs semaines. Le 17 Octobre la boue était encore humide et se laissait pétrir à la main; selon toute probabilité cette éruption boueuse n'a donc eu lieu que le 10 Octobre, et elle est en relation avec l'onde qui a été observée, le soir de ce jour, à Tjikawoeng, sur la Welkomstbaai, et avec les bruits sourds qui y ont été entendus (voir la Note **147**). Cette onde est la seule qui ait été remarquée après le 27 Août, et l'éruption boueuse paraît aussi avoir été la seule et dernière après la grande éruption de ce mois.

Cette même boue fine et noire, je l'ai trouvée aussi dans l'île Calmeyer où elle recouvrait le sable ponceux d'une couche épaisse de 0m.2. A la surface, la boue présentait de nombreuses gerçures, qui s'étaient formées pendant la dessication (voir les planches coloriées

18 et 19 de l'album). A Sebesi, je n'ai plus trouvé la boue fine. Dans cette île, de même que sur tous les points compris dans un rayon de 100 kilomètres autour de Krakatau, il est bien tombé de la boue après la grande éruption de 10 heures, le 27 Août, mais c'était de la cendre et de la ponce ordinaire mêlée d'eau de mer, qui après la dessication avait tout à fait le même aspect grisâtre que les matières sèches éjaculées antérieurement, et qui était donc facile à distinguer de la fine boue noire.

Les navires qui vers cette époque se trouvaient dans le détroit de la Sonde, notamment l'*Hydrograaf* et le vapeur *Koningin Emma*, bâtiments de la marine royale, n'ont observé aucun signe d'éruption, ni le 10 Octobre même, ni quelque autre jour entre le 28 Août et le 10 Octobre.

La boue de Calmeyer, qui était déjà complètement desséchée le 17 Octobre, ne peut provenir de l'éruption du 10 Octobre, car l'*Hydrograaf* était mouillé ce soir-là, comme il a déjà été dit au Chapitre III, entre Calmeyer et Krakatau. Elle a donc probablement été éjaculée lors des éruptions sous-marines qui eurent lieu *après* la grande éruption du Lundi matin et qui continuèrent jusqu'au Mardi matin, donc dans la soirée du 27 Août, ou dans la nuit du 27 au 28.

L'île Steers était également recouverte d'une couche de boue noire, ainsi que nous le reconnûmes en passant en chaloupe près de cette île. Cette boue a donc été lancée jusqu'à une distance de 15 kilomètres de Krakatau, tandis que celle de l'éruption du 10 Octobre paraît être restée circonscrite au côté postérieur de Krakatau et aux alentours immédiats de cette île.

Outre ces produits de nature volcanique, — dont une petite partie provient de fragments plus anciens du volcan, tandis que la grande masse n'est devenue solide, sous forme compacte ou poreuse, qu'en 1883, par coagulation du contenu liquide du cratère, — on trouve, parmi les matières rejetées, quelques débris qui n'appartiennent pas au Krakatau lui-même, mais au sous-sol sur lequel le volcan repose. Ces échantillons du fond du détroit de la Sonde montrent qu'il y existe les mêmes roches déjà connues dans la partie sud de Sumatra

et dans la partie ouest de Java; on rencontre, parmi ces échantillons, des andésites plus anciennes (miocènes), des fragments de marne et d'argilite d'âge diluvien et récent, et des rognons marneux, de forme irrégulière ou, assez souvent aussi, parfaitement ronde. Tous ces produits éjaculés seront, ci-dessous, décrits en detail.

L'*épaisseur* des matières rejetées est, au pied ouest du Krakatau, très considérable; elle s'y élève en quelques points à 60 mètres et plus, et en moyenne elle est certainement de 30 mètres. Vers le haut, l'épaisseur diminue, de sorte que près du sommet, dans les ravins creusés par les eaux de pluie, l'ancienne surface du volcan et les troncs d'arbres renversés et carbonisés apparaissent au jour.

Le *volume* des fragments éjaculés diminue à mesure que leur distance de Krakatau augmente; dans cette île-même et à Verlaten-eiland, quelques blocs de ponce atteignent le volume de 1 mètre cube; ceux des roches vitreuses arrivent tout au plus à la moitié de ces dimensions. A Calmeyer, et surtout à Sebesi, les blocs de la grosseur de la tête sont déjà rares, et en général on peut dire que les fragments gros et lourds sont tombés dans un cercle de 15 kilomètres de rayon, tracé autour de Krakatau. Ce qui est tombé en dehors de cette aire consiste pour la majeure partie en cendres; toutefois, de petits fragments de ponce de la grosseur d'une fève, et même, à Ketimbang, de la grosseur du poing (le contrôleur Beyerinck parle de blocs du volume de la tête, mais de ceux-là je n'en ai pas trouvé) sont encore tombés, le dimanche soir, à Java's 1e Punt et à Teloeq Betoeng, le lundi matin à Ketimbang, à Serang et à Menès, c'est-à-dire à des distances de 40 à 80 kilomètres de Krakatau. En ce qui concerne les fragments un peu gros, ceux par exemple qui sont tombés à Ketimbang, à 40 kilomètres de distance, on ne peut supposer un seul instant qu'ils aient été entraînés par le vent, comme cela est le cas pour les fines particules de cendre, qui restent longtemps en suspension dans l'air. Il s'agit ici de projectiles, qui ont été *lancés* jusqu'à cette distance par une bouche à feu, et dont la vitesse initiale était si grande que la direction du vent n'a eu sur eux qu'une influence relativement faible. Les considérations suivantes

pourront donner quelque idée de la vitesse considérable que les fragments ont dù posséder à leur sortie du cratère, et conduire ainsi à une évaluation au moins approximative des énormes forces qui ont agi durant l'éruption.

Pour lancer un projectile jusqu'à une certaine distance dans le vide, la vitesse initiale nécessaire dépend de l'angle d'élévation sous lequel le projectile est tiré. A 45° cette vitesse est la plus petite, pour des angles plus petits ou plus grands elle devient plus grande. Nous considérons donc trois cas, celui d'un petit angle d'élévation (10°), celui d'un angle moyen (45°) et celui d'un grand angle (80°). Or, pour une distance de 40 kilomètres, la distance de Krakatau à Ketimbang, il faut qu'avec une inclinaison de 10° la vitesse dans la première seconde s'élève à 1070 mètres, avec une inclinaison de 45° à 625 mètres, et avec une inclinaison de 80° de nouveau à 1070 mètres, comme avec l'inclinaison de 10°. La plus grande hauteur que le projectile atteigne est, dans le premier cas, 1763 mètres, dans le second cas 10000 m., dans le troisième plus de 56700 m., et le temps nécessaire pour arriver au terme est, respectivement, $^1/_2$, $1^1/_2$ et $3^1/_2$ minutes.

Ces nombres ne s'appliquent qu'à la trajectoire parabolique dans le vide, et ils subissent une importante modification lorsqu'on tient compte de la résistance de l'air. Cela, d'ailleurs, a été très heureux dans la circonstance actuelle, car, la vitesse finale étant dans le vide égale à la vitesse initiale, ce bombardement n'aurait laissé personne en vie aux environs de Ketimbang, si la résistance de l'air n'avait considérablement amorti le mouvement. Mais, ce qui en ce moment nous importe surtout, c'est la vitesse initiale, et celle-ci doit, s'il y a résistance de l'air, être *encore plus grande* que la vitesse initiale dans le vide, pour porter les objets à la même distance (**173**); les nombres ci-dessus donnés pour la vitesse sont donc évidemment plus petits qu'ils ne le seraient en réalité. A une vitesse plus grande correspondrait aussi une hauteur de culmination plus grande, mais la résistance de l'air retient de nouveau le projectile et diminue la hauteur. La plupart des décharges ayant sans doute eu lieu à peu

près verticalement, soit sous un angle d'environ 80°, angle pour lequel nous avons trouvé dans le vide environ 57000 m. de hauteur de culmination, et ce chiffre devant être augmenté à raison de la vitesse plus grande, puis diminué à raison de la résistance plus grande de l'air, il est probable que la hauteur réellement atteinte n'aura pas différé très notablement de celle qui vient d'être indiquée; on peut donc admettre, comme à peu près certain, que les matières éjaculées par le Krakatau se sont élevées à une hauteur de 50 kilomètres. Cela s'applique surtout aux particules de cendre plus ou moins grossières, les poussières les plus ténues ont vraisemblablement été projetées encore plus haut dans l'atmosphère. Si l'on considère que lors de l'explosion de 2 heures après midi, le Dimanche 26 Août, le nuage de cendres atteignit déjà, d'après le capitaine Thomson du *Medea,* une hauteur de 27 à 33 kilomètres (voir la 1ère partie de ce Rapport p. 69), la hauteur de 50 kilomètres pour les particules de cendre qui ont été lancées pendant les éruptions beaucoup plus fortes du lundi matin et surtout pendant l'explosion la plus violente, celle de 10 heures du matin, ne paraîtra nullement exagérée.

Pour les pièces de grosse artillerie, les vitesses initiales sont ordinairement comprises entra 300 et 425 mètres, et ce n'est que pour quelques canons de construction toute récente qu'elles atteignent des valeurs allant jusqu'à 500 mètres par seconde (Krupp, calibre 30.5 centim., 460 mètres; Woolwich, 40.6 centim., 460 mètres; Krupp, 35.5 centim., 500 mètres) (**174**); la vitesse avec laquelle furent lancés les projectiles du Krakatau surpasse donc de beaucoup celle des boulets des plus gros canons. Si considérable que soient ces vitesses, elles n'ont pourtant rien d'absurde, surtout quand on réfléchit qu'elles sont produites par la vapeur à haute tension, dont l'action est comparable à celle des gaz explosifs. La vitesse déterminée par l'explosion du fulmi-coton se trouve, d'après M. M. Abel et Nobel, entre 5000 et 6000 mètres par seconde (**175**), valeur dont nous n'avons certainement pas besoin pour expliquer les projections du Krakatau.

Il y a encore un phénomène dont nous devons dire quelques mots, savoir, la chute de *cendres brûlantes* à Ketimbang. Bien que de la

ponce et de la cendre chaudes soient tombées aussi en d'autres lieux, la cendre tombée près de Ketimbang, avant que commençat la pluie de boue et par conséquent avant qu'eût lieu l'éruption sous-marine, paraît seule avoir eu une température assez élevée pour occasionner des brûlures.

Ce fait me semble s'expliquer en admettant que, si les matières, toujours brûlantes à leur sortie du volcan, étaient généralement lancées sous de *grands* angles d'élévation, la cendre en question, dirigée vers Ketimbang, fut au contraire projetée sous une inclinaison très faible, de 10°, par exemple. Que l'inclinaison soit forte ou faible, le temps nécessaire pour atteindre Ketimbang est si petit, que sa différence, dans les deux cas, ne peut pas être la cause du refroidissement des particules de cendre; mais, dans le premier cas, ces particules atteignent une hauteur beaucoup plus grande et sont donc refroidies dans les couches élevées de l'atmosphère, où règne une basse température. Comparons, par exemple, les nombres ci-dessus donnés pour le vide; à 10°, la hauteur atteinte n'est que de 1763 mètres, à 45° elle est déjà de 10000 mètres, pour un angle plus grand, elle devient encore beaucoup plus considérable; projetées sous une inclinaison un peu forte, les particules de cendre doivent donc être déjà passablement refroidies lorsqu'elles retombent. Or, dans une éruption, une ouverture peut se former sur les flancs du volcan, et il est alors très possible que de temps en temps une projection ait lieu latéralement, sous un angle d'élévation très faible; au Kaba, volcan du Palembang, j'ai moi-même observé de pareilles projections obliques (**176**). Ainsi s'explique aussi, me semble-t-il, pourquoi il est tombé si peu de cendre brûlante *au nord* de Ketimbang; les monts Sebesi (859 mètres au-dessus du niveau de la mer) et Seboekoe se trouvent ici dans la direction de la trajectoire, et doivent, vu le peu d'élévation de cette trajectoire, avoir intercepté une grande partie des matières éjaculées.

Les gros fragments de ponce sont donc limités au détroit de la Sonde et à ses alentours immédiats, les fines particules de cendre ont été transportées par le vent, qui aux jours de l'éruption souffla principalement du S. E. et du N. E., sur une grande partie de Sumatra.

D'après les informations que j'ai recueillies, le contour de l'aire dans laquelle est tombée de la cendre doit être à peu près tel que le représente la carte fig. 5. La limite la plus septentrionale se trouve dans la résidence Sumatra's Oostkust.

Un peu au nord du chef-lieu Bengkalis, la limite s'infléchit à l'est vers Singapore, puis se dirige au sud vers l'île Lingga, et ensuite, en passant près de Muntok et au nord de Noordwachter, vers la résidence Krawang; elle se porte droit au sud, un peu à l'est de Dawoean, de Tjikao et de Poerwakarta et à l'ouest du volcan Boerangrang, vers Bandoeng, localité qui toutefois reste un peu en dehors de la limite; de là elle passe près du volcan Patoea et des monts Breng-Breng, et se dirige vers l'embouchure de la rivière Boeni, sur la côte sud de Java. Le cours ultérieur en mer n'est pas extactement connu; à Kokos-eiland (île Keeling) et entre cette île et Krakatau il est encore tombé de la cendre, de sorte que j'ai placé cette île en dedans de la limite des cendres. A partir de Keeling, j'ai tracé la limite vers la partie nord de Benkoelen, puis, pour revenir à Bengkalis, je l'ai fait passer à l'est du gouvernement Sumatra's Westkust, vu que dans cette province il n'est pas tombé de cendres (**177** à **186**).

La figure circonscrite par cette ligne a une forme irrégulière, qu'on peut se représenter comme le résultat de la superposition de deux ellipses, ayant à peu près Krakatau pour foyer, et dont les grands axes sont dirigés au N. O. et au S. O., conformément aux directions des vents dominants, S. E. et N. E., pendant et après l'éruption. L'aire de cette figure, mesurée à l'aide du planimètre, s'élève à 827000 kilomètres carrés ou 15019 milles géographiques carrés (1 mille géogr. = 7420.4 mètres), et est donc plus de 23 fois celle des Pays-Bas.

Pour calculer la quantité des matières rejetées, j'ai partout, sur les îles et le long des côtes du détroit de la Sonde, fait des observa-

tions, et quant à l'épaisseur des matières tombées dans la mer, elle est égale à la différence de profondeur des eaux avant et après l'éruption. En ce qui concerne les résidences Bantam, districts des Lampongs, Benkoelen et Palembang, des renseignements ont été demandés par le Directeur de l'instruction publique aux résidents de ces provinces. Mais presque toutes les données reçues sont trop fortes; on ne peut accorder confiance qu'aux observations faites lors de l'éruption ou immédiatement après.

Les communications que j'ai reçues sur l'épaisseur des dépôts sont résumées dans le tableau suivant:

Résidence.	Localité.	Epaisseur.	Observateur.	Remarques.
Krawang.	—	Insignifiante.	—	—
Régences de Preanger.	Parakan-Salak.	$^1/_7$ millimètre.	G. C. F. W. Mundt.	(187).
Batavia.	Buitenzorg.	$^1/_7$ »	Verbeek.	(188).
Bantam.	Div. Tjaringin. Distr. Menes.	15 millimètres.	Donnée officielle du Résident de Bantam.	(189).
id.	» Tjaringin.	10—20 »	id.	id.
id.	» Panimbang.	30—50 »	id.	id.
id.	» Tjibalioeng.	15—30 »	id.	id.
id.	Division Anjer.	40—60 »	id.	id.
id.	Div. Pandeglang. Distr. Kolelet.	20 »	id.	id.
id.	» Baros et Pandeglang.	25 »	id.	id.
id.	» Tjiomas et Tjimanoek.	30 »	id.	id.
id.	Div. Lebak. Distr. Paroeng-Koedjang et Tjilang-kahan.	15 à 1 millim., décroissante vers la côte sud.	id.	id.

Résidence.	Localité.	Epaisseur.	Observateur.	Remarques.
Bantam.	Div. Lebak. Distr. Rangkas-Betoeng.	15—20 millim.	Donnée officielle du Résident de Bantam.	(**189**).
id.	Div. Lebak. » Lebak.	15mm.en moyenne	id.	id.
id.	Div. Lebak. » Sadjira.	5—12 millim.	id.	id.
id.	Division Serang.	10—30 »	id.	id.
id.	Merak.	20 millimètres.	Verbeek.	(**190**).
id.	Java's 1e Punt.	10 »	id.	id.
Districts des Lampongs.	Krakatau.	1 à 60 mètres.	id.	id.
id.	Ile Sebesi.	1 à 1½ mètres.	id.	id.
id.	» Sebockoe.	0. 6 mètre.	id.	id.
id.	Ketimbang.	0. 3 »	id.	id.
id.	Kasoegihan.	0.16 »	id.	id.
id.	Teloeq Betoeng.	0.20 » incertaine.	id.	id.
id.	Vlakke Hoek.	0.20 mètre.	id.	id.
id.	Division Semangka.	Incertaine.	Rapport officiel du Contrôleur de Semangka.	(**191**).
id.	Soekadana.	7 millimètres.	Rapport officiel du Contrôleur de Sekampong.	id.
id.	Goenoeng Soegi.	6 »	Rapport officiel du Contrôleur de Sepoeti.	id.
id.	Menggala.	15 » (??)	Rapport officiel du Contrôleur de Menggala.	id.

Résidence.	Localité.	Epaisseur.	Observateur.	Remarques.
Benkoelen.	Kroë.	50 millimètres.	Contrôleur Dr. Horst.	(192). Bonne observation faite immédiatement après la pluie de cendres.
id.	Division Kauer.	50 à 60 millim. (?)	Rapport officiel du Résident de Benkoelen.	id.
id.	Pasar Manna.	50 millimètres (?)	id.	id.
id.	Division Seloema.	20 » (?)	id.	id.
id.	Division Ommelanden de Benkoelen.	10 » (?)	id.	id.
id.	Benkoelen.	10 » (?)	id.	id.
id.	Division Laïs.	10 » (?)	id.	id.
id.	Div. Mokko-Mokko.	Insignifiante.	id.	id.
Palembang.	» Moeara-Doea.	15 à 20 millim.	Rapport officiel du Résident de Palembang.	(193).
id.	Lahat.	3 millimètres.	id.	id.
id.	Bandar.	7 »	Dr. A. Stammeshaus.	Bonne observation faite immédiatement après la pluie de cendres.
id.	Tandjoeng-Radja.	10 »	Rapport officiel du Contrôleur de Ogan-Ilir.	id.

Résidence.	Localité.	Epaisseur.	Observateur.	Remarques.
Palembang.	Palembang.	7 millimètres.	Rapport offic. de l'Ass.-Rés. de Police à Palembang.	(193).
id.	Talang-Betoetoe.	5 »	Rapport officiel du Contrôleur de Iliran et Banjoe-Asin.	id.
id.	Sekajoe.	5 »	Rapport officiel du Contrôleur de Moesi-Ilir.	id.
id.	Tebing-Tinggi.	15 » (?)	Rapport officiel de l'Assistant-Résident de Tebing-Tinggi.	id.
id.	Soeroe-Langoen (Rawas).	5 »	id.	id.
id.	Djambi.	1—2 »	Rapport officiel du Contrôleur de Djambi.	id.
Sumatra's Oost-kust.	Bengkalis.	Très insignifiante.	Rapport officiel du Résident de Sumatra's Oost-kust.	(194).
Riouw.	Lingga.	Très peu.	Rapport officiel de l'Assistant-Résident de Lingga.	(195).
Banka.	Muntok.	Rien.	Rapport officiel du Résident de Banka.	(196).

Ainsi qu'on le verra plus en détail aux Notes, la plupart de ces chiffres ne méritent pas grande confiance, car très peu d'observations ont été faites immédiatement après l'éruption; de plus, l'épaisseur donnée n'est pas celle de la couche battue et comprimée, mais celle de la cendre meuble. La densité de la masse pouvant être estimée à 2.2, l'indication du *poids* de la cendre tombée sur une surface connue serait naturellement une donnée beaucoup plus sûre, mais je n'ai que très rarement pu obtenir des chiffres concernant ce poids. Un petit nombre de bonnes observations de l'épaisseur nous mettent toutefois à même de prendre pour les différents terrains une moyenne, qui se rapprochera passablement de la vérité.

Prenons maintenant en main la petite carte fig. 4; c'est en majeure partie une copie de la nouvelle petite carte marine dressée d'après le levé du lieutenant de marine de 1e classe M. C. van Doorn, commandant de l'*Hydrograaf*; la forme et la situation des îles ont été reproduites sans changements, Krakatau seule a été légèrement modifiée, d'après notre propre levé. Les chiffres rouges marquent, en mètres, les profondeurs actuelles, les chiffres noirs les profondeurs anciennes, empruntées à la carte marine de Blommendal de 1874.

La comparaison de ces chiffres montre que la plus grande quantité de matières est tombée à l'intérieur d'un cercle tracé, d'un rayon de 15 kilomètres, autour de Krakatau, le cratère Danan étant pris pour centre.

L'épaisseur des matières n'est toutefois pas la même sur toute l'étendue de ce cercle. Là où se voient les îles Steers et Calmeyer, la mer, qui jadis avait en moyenne 36 mètres de profondeur, n'en a plus que 6; ces îles ne sont que les points les plus élevés, saillant au-dessus de l'eau, d'un grand banc de sable et de cendre mêlées de fragments de ponce, qui ont presque entièrement comblé la mer entre Krakatau et Sebesi. En d'autres points de la partie du cercle marquée II sur la carte, la profondeur était jadis 43 mètres, maintenant 13; plus au sud, jadis 122, maintenant 97; jadis 74, maintenant 54;

jadis 128, maintenant 97; et près de Hoedekenskerkklip jadis 144, maintenant 112. En d'autres points encore de cette même partie II, la différence est tantôt plus grande, tantôt moindre, mais, comme perte moyenne de profondeur pour tout le segment II, on peut prendre 30 mètres.

Entre l'île Steers et Lang-eiland se trouve une partie I, où la profondeur antérieure est en moyenne de 40 mètres, la profondeur actuelle de 20 mètres; ici encore, bien entendu, les différences ne sont pas partout les mêmes, la différence moyenne, toutefois, peut être évaluée à 20 mètres.

A l'ouest de Krakatau les matières rejetées ont leur épaisseur la plus considérable; malheureusement il n'a été fait ici, autrefois, que peu de sondages, de sorte que la différence de profondeur ne peut être déterminée exactement. Dans la partie nord du segment III la profondeur était jadis 59, maintenant 18, différence de plus de 40 mètres; dans la partie sud, la différence paraît être encore plus forte (70 et 75 mètres), mais les données précises faisant défaut, j'ai adopté, pour la diminution de profondeur de tout le segment III, le chiffre de 40 mètres seulement.

En ce qui concerne enfin le segment IV, égal à l'aire du cercle tracé d'un rayon de 15 kilomètres, diminuée de l'aire des segments I, II et III, on y trouve des différences de 2, 5, 9 et même 18 mètres. Dans la partie effondrée, les profondeurs actuelles sont naturellement plus grandes que les profondeurs anciennes. Comme perte moyenne de profondeur, pour le segment IV, je ne crois pas pouvoir admettre plus de 6 mètres.

Les différences de profondeur ne peuvent être attribuées à des soulèvements du fond de la mer, ni à la production de nouveaux cônes sous la surface de l'eau, mais elles sont uniquement dues aux grandes masses de sables, de cendres et de lapilli qui sont tombées dans la mer. Si les matières éjaculées consistaient seulement en fragments de ponce, ceux-ci flotteraient et ne pourraient donc former des îles ou des bancs; mais, la majeure partie étant composée de cendres fines, d'une densité d'environ 2.2, les matières peuvent descendre au

fond de la mer, même lorsqu'elles sont mêlées d'une quantité considérable de fragments de ponce.

Au-delà du premier cercle, de 15 kilomètres de rayon, l'épaisseur est notablement moindre; pour évaluer le volume des matières rejetées, j'ai tracé autour de Krakatau des cercles concentriques (fig. 5), avec des rayons de $22\frac{1}{2}$, 40, 50, 100 et 150 kilomètres. L'épaisseur moyenne des déjections dans les anneaux successifs a été calculée d'après les données du tableau ci-dessus; j'ai obtenu ainsi pour le 1er anneau, dans lequel est située Sebesi, 1 mètre, pour le 2e anneau $0^{m}.3$, pour le 3e anneau $0^{m}.2$, pour le 4e anneau $0^{m}.02$; au-delà de ce cercle il n'est presque plus tombé de boue, *le cercle de* 100 *kilomètres de rayon forme donc la limite de la boue,* Beniawang seule se trouve un peu en dehors; pour le 5e anneau $0^{m}.005$. Des deux derniers anneau toutefois, les $^{5}/_{6}$ seulement ont été calculés avec les épaisseurs indiquées, $^{1}/_{6}$ a été calculé avec l'épaisseur de $0^{m}.05$, parce qu'ici s'est fait sentir la direction du vent, qui chassa les particules de cendre vers le N. O. A raison de cette influence, j'ai admis pour la partie *e*, soit $^{1}/_{8}$ de tout l'anneau compris entre les cercles à rayons de 50 et de 200 kilomètres, une épaisseur moyenne de $0^{m}.05$. Pour le segment *f*, soit $^{1}/_{8}$ de tout l'anneau limité par les cercles à rayons de 200 et de 400 kilomètres, l'épaisseur moyenne a été estimée à $0^{m}.01$; enfin, pour ce qui est tombé vers le N. O. au-delà de ce dernier cercle, dans un rectangle large de 200 kilomètres et long de 500 kilomètres, l'épaisseur a été réduite à $0^{m}.001$.

Dans la direction de Kokos-eiland, j'ai admis un triangle ayant 480 kilomètres de base et 1200 kilomètres de hauteur; l'épaisseur y est très difficile à déterminer, le chiffre adopté, $0^{m}.005$ (5 millimètres), est plutôt trop faible que trop fort.

Ces divers chiffres donnent lieu au calcul suivant:

Aire du segment	I	fig.	4,	déterminée au planimètre			54	kilom.	□.
» » »	II	»	4,	»	»	»	243	»	»
» » »	III	»	4,	»	»	»	36	»	»
						Ensemble	333	kilom.	□.

Aire du cercle 1 à r = 15 kilomètres, π r² = 707 kilomètres □.
A déduire I, II et III, = 333 » »
Reste pour le segment IV = 374 kilomètres □.

Pour les volumes dans:

Aire × Epaisseur.

Segment	I	54 × 10⁶ × 20 mètres cub.	=	1080 × 10⁶ mètres cubes.
»	II	243 × 10⁶ × 30 » »	=	7290 × 10⁶ » »
»	III	36 × 10⁶ × 40 » »	=	1440 × 10⁶ » »
»	IV	374 × 10⁶ × 6 » »	=	2244 × 10⁶ » »
		707 kil. □	Cercle 1 =	12054 × 10⁶ mètres cubes.

Rayon en kilomètres.	Cercle.	Aire en kilomètres □.	Aire des anneaux.
r = 15	N°. 1	706.8	
			Anneau a: 883 kil. □.
r = $22\frac{1}{2}$	» 2	1589.6	
			Anneau b: 3434 » »
r = 40	» 3	5024.—	
			Anneau c: 2826 » »
r = 50	» 4	7850.—	
			Anneau $\frac{5}{6}$ d: 23550 — $\frac{1}{6}$ × 23550 = = 23550 — 3925 = 19625.
r = 100	» 5	31400.—	
			Anneau e: $\frac{1}{6}$ × 94200 + 3925 = = 15700 + 3925 = 19625.
r = 200	» 6	125600.—	
			Anneau f: $\frac{1}{8}$ × 376800 = 47100.
r = 400	» 7	502400.—	
r = 100	—	31400.—	Anneau $\frac{5}{6}$ h: $\frac{5}{6}$ × 39250 = $\frac{196250}{6}$ = 32708.
r = 150	—	70650.—	

Rectangle *g*.............. 200 × 500 = 100000 kilomètres □.
Triangle *k*........ $\frac{1}{2}$ × 480 × 1200 = 288000 » »
Petit segment *l*...................... = 15000 » »

Pour les volumes dans:

	Aire × Epaisseur.		
Anneau *a*.....	$883 \times 10^6 \times 1$	m. cub. =	883×10^6 m. cub.
Anneau *b*.....	$3434 \times 10^6 \times 0.3$	» » =	1030×10^6 » »
Anneau *c*.....	$2826 \times 10^6 \times 0.2$	» » =	565×10^6 » »
Anneau *d* ($^5/_6$).	$19625 \times 10^6 \times 0.02$	» » =	393×10^6 » »
Anneau *e*.....	$19625 \times 10^6 \times 0.05$	» » =	981×10^6 » »
Anneau *f* ($^1/_8$).	$47100 \times 10^6 \times 0.01$	» » =	471×10^6 » »
Rectangle *g*...	$100000 \times 10^6 \times 0.001$	» » =	100×10^6 » »
Anneau *h* ($^5/_6$).	$32708 \times 10^6 \times 0.005$	» » =	164×10^6 » »
Triangle *k*....	$288000 \times 10^6 \times 0.005$	» » =	1440×10^6 » »
Petit segment *l*.	$15000 \times 10^6 \times 0.005$	» » =	75×10^6 » »
Ensemble..	529201 kilomètres carrés		6102×10^6 m. c. =
			= 6.102×10^9 mètres c. = 6.102 kil. c.
A ajouter cercle I	707 kil. □; 12.054×10^9	» » =	12.054 » »
Aire.........	529908 kil. □; volume	....	18.156 kil. c.
Aire restante..	297192 » »; »	....	négligé.
Total...	827000 kil. □; »	....	18 kil. c.

Ainsi qu'on le voit, j'ai toujours pris pour l'épaisseur un chiffre des plus modérés, de sorte que le volume de 18 kilomètres cubes peut bien être trop petit, mais non trop grand. L'erreur dont ce calcul est passible ne me paraît toutefois pas dépasser 2 ou tout au plus 3 kilomètres cubes. Les $^2/_3$ du volume total, soit 12 kilomètres cubes, se trouvent à l'intérieur du cercle tracé d'un rayon de 15 kilomètres autour de Krakatau, l'autre $^1/_3$, ou 6 kilomètres cubes, est tombé en dehors de ce cercle.

Junghuhn évalue la quantité des matières que le volcan Tambora, dans l'île de Soembawa, a rejetées en 1815, à 318 kil.^{3} (**197**). Dans le voisinage du volcan, la cendre formait une couche de plusieurs mètres d'épaisseur; à Lombok, île située à 90 minutes du Tambora, il y en avait 2 pieds, à Banjoewangi, à 210 minutes du volcan, encore 8 pouces du Rhin. D'après cela, Junghuhn trace autour du Tambora un cercle de 210 minutes de rayon, et il admet qu'à l'intérieur de ce cercle l'épaisseur moyenne des cen-

dres s'élevait à 2 pieds. Il obtient alors, pour le volume présumable:

$$\pi\ r^2 \times \text{épaisseur} = \frac{\pi \times (210 \times 1855)^2 \times {}^2/_3\ \text{kil.}^3}{10^9} = 317.8\ \text{kil.}^3.$$

Mais, comme le vent avait soufflé principalement de l'Est, et que les matières ténues avaient donc été transportées en grande partie vers l'Ouest (Lombok, Bali et Banjoewangi), l'estimation de 2 pieds de cendres, sur toute la surface, est trop élevée pour les localités situées à l'est, au nord et au sud du Tambora. J'ai aussi trouvé, dans le *Javasche Courant* de l'année 1815, la mention du fait qu'à Bima, à 40 milles marins à l'Est du volcan, l'épaisseur des cendres n'avait été que de $0^m.1$, et à Makasser, à 217 milles au Nord du Tambora, que de $0^m.03$ (**197**ᵃ). Le calcul de Junghuhn donne donc évidemment un chiffre beaucoup trop fort. Il est plus probable que la cendre n'est tombée à l'épaisseur moyenne de 2 pieds que sur un rectangle d'environ 150 minutes de largeur et 300 minutes de longueur, près de l'extrémité est duquel aurait été situé le Tambora. Nous obtenons alors:

$$V = \frac{{}^2/_3 \times 150 \times 300 \times (1855)^2\ \text{kil.}^3}{10^9} = 103\ \text{kil.}^3;$$

et en ajoutant 50% pour les matières tombées en dehors du rectangle, ce qui est certainement beaucoup, nous n'arrivons encore qu'à 150 kil.^3. A ce calcul peut être faite la même objection qu'à celui de Junghuhn, savoir, qu'il repose sur des données trop incomplètes; mais le chiffre de 150 kil.^3 est plus probable que celui de 318 kil.^3.

En tout cas, la quantité de cendre vomie par le Tambora paraît avoir été beaucoup plus considérable que celle du Krakatau. Cela ressort d'ailleurs aussi de la circonstance qu'à Madoera, à plus de 500 kilomètres du Tambora, il fit, d'après la relation, complètement obscur pendant *trois jours consécutifs*, tandis que, lors de l'éruption du Krakatau, l'obscurité ne dura, dans la plupart des lieux, qu'un petit nombre d'heures (2 à 8). Sur les côtes du détroit de la Sonde, l'obscurité commença presque partout *un peu après* 10 *heures* du matin; aux phares du Vlakke Hoek et de Java's 1ˢᵗᵉ Punt il fit

obscur *tout le lundi*, et, suivant le récit du commandant Logan, du *Berbice* (voir **183**), aucune lumière ne fut vue par lui depuis le dimanche soir 6 heures jusqu'au mardi matin 8 heures. Le navire se trouvait à 20 milles anglais droit au sud du Vlakke Hoek.

De très fines particules de cendre ont été transportées par les vents d'est, dans les hautes couches de l'atmosphère, vers l'ouest, et sont tombées en mer au-delà des limites de l'aire représentée sur la carte fig. 5. Nous possédons à ce sujet les données suivantes, provenant de navires.

1. A bord du steamer *Ruby*, allant de Palembang à Singapore, il tomba de la cendre le 26 Août (**198**). Le navire se trouvait encore tout juste en dedans de la région figurée sur notre carte.
2. Le capitaine Knight, du brick *Airlie*, entendit, le dimanche 26 Août, à 3 heures de l'après-midi, de fortes détonations; le lendemain matin, une fine poussière couvrait le pont. Le bâtiment se trouvait au nord de Banka, par 0° 32′ Lat. Sud et 105° 57′ Long. Est de Gr. (**199**).
3. La *Charlotte* se trouvait, le 27 Août, au Sud de Java, par 8° 3′ Lat. Sud et 106° 7′ Long. Est de Gr. Les détonations furent distinctement entendues; le matin, à 8 heures, de la cendre tomba sur le pont; l'après-midi, à 2 heures, il fallut allumer les lampes (par quelle longitude et latitude?). Ce navire aussi était encore à l'intérieur ou très près de la région des cendres représentée sur la carte fig. 5 (**200**).
4. A bord du *Tweed*, appartenant à M. Ross de l'île Keeling, il tomba, à 320 milles de Krakatau, 7 pouces (?) anglais de cendre (**201**).
5. A bord du steamer *Prins Frederik*, qui passa près de Krakatau le 25 Août, on entendit, le 27, à 600 milles de distance de l'île, des détonations, et du 27 au 29 Août il tomba de la cendre sur le pont. Ni la longitude ni la latitude ne sont indiquées (**202**).
6. Sur le *Salazic*, capitaine Loysbau, allant de Calcutta à Réunion,

une pluie de cendres tomba pendant plusieurs heures, du 28 Août, à 5h 30m du matin, jusqu'au 29. D'abord il tomba du sable assez gros, ensuite de la cendre fine. Le navire était à 9° 15′ Lat. Sud et 90° 30′ Long. Est (de Paris?) (**203**).

7. Le *County of Flint*, capitaine Rowland, eut de la pluie de cendres le 28 Août, à 8° 20′ Lat. Sud et 92° 4′ Long. Est de Gr. (**204**).
8. Sur le *Barbarossa*, bâtiment brémois, il tomba de la cendre le 27 (?) Août, par 93° 15′ Long. Est de Gr. et 1° 41′ Lat. Sud. Cette cendre a été analysée microscopiquement et chimiquement par M. M. Oebbeke et A. Schwager (**204a**). Le 28 et le 29 Août jusqu'après-midi, il tomba encore de la cendre sur le pont (93° 25′ Long. Est de Gr., 5° 0′ Lat. Sud); selon le Dr. Neumayer, un échantillon fut recueilli de la cendre qui tomba sur le pont le 28 au matin, et c'est probablement cette cendre qui a été étudiée par M. Oebbeke; au sujet de celle qui serait tombée le 27 Août, le journal de bord ne donne aucun renseignement (**204b**).
9. De la cendre tomba depuis minuit, le 27 Août, jusqu'à 11 heures du matin, le 28, à bord du brick français *Brani*, capitaine Perrot, par 1° 39′ jusqu'à 2° 59′ Lat. Sud et 89° 56′ jusqu'à 89° 50′ Long. Est de Paris. On entendit aussi des détonations, et dans la soirée du 28 au 29 Août la chute de cendres recommença (**205**).
10. Le capitaine Robert Williams, de la barque *Arabella* rapporte que le 28 Août, au matin, commença une pluie de cendres, qui continua tout ce jour et le lendemain. Dans l'après-midi du 28, le bâtiment se trouvait par 5° 37′ Lat. Sud et 88° 58′ Long. Est de Gr., donc à 970 milles de Krakatau (**206**).
11. Par 2° 37′ Lat. Sud et 79° 52′ Long. Est de Gr., de la cendre tomba, depuis l'après-midi du 29 jusqu'au soir du 30 Août, à bord du *British Empire* (**207**).
12. Dans la nuit du 30 au 31 Août, une pluie de cendres tomba à bord du *Meda*, entre Ashburton River et Perth, à une distance de 50 jusqu'à 100 milles de la côte ouest de l'Australie, et à

environ 1000 milles de distance de Krakatau, dans la direction S. S. E. (**208**).

Sur la petite carte fig. 6 sont indiquées les positions de ces navires; il en ressort que, si les particules de cendre un peu lourdes ont été chassées, comme nous l'avons vu par les vents régnants des basses régions de l'atmosphère, d'abord vers le N. O., puis vers le S. O., la cendre fine a été transportée par des vents d'Est, dans les couches atmosphériques supérieures, vers l'Ouest. La chute s'opéra progressivement; les navires qui se trouvaient le plus à l'est reçurent déjà de la cendre dans la soirée du 27 Août, ceux qui étaient plus à l'ouest en reçurent le 28, le *British Empire* n'en fut atteint que le 29, par 80° Long. Est.

Outre les vents d'Est, toutefois, il a dû régner aussi des vents N. N. O. dans les hautes régions de l'atmosphère ainsi que le prouve la cendre qui est tombée sur le *Meda*, près de la côte australienne, entre le 30 et le 31 Août.

Il est donc certain que les particules de cendre ont été transportées vers l'Ouest jusqu'à 80° Long. Est, et que là elles sont tombées en mer, à une distance de près de 1600 milles marins de Krakatau. On peut maintenant se demander si des particules de cendre encore plus ténues ne sont pas restées encore plus longtemps en suspension et, par suite, n'ont pas été entraînées encore plus loin vers l'ouest. Or, cela paraît avoir été réellement le cas. Les poussières les plus fines, mêlées d'une quantité considérable de vapeur d'eau, ont été transportées, par-dessus les Seychelles et l'Afrique, à Cape Coast Castle sur la Côte d'Or, puis, par Paramaribo, Trinidad, Panama et les îles Sandwich, à Ceylan et dans l'Inde britannique, et sur tous ces points elles ont provoqué des colorations bleues et vertes du soleil et de la lune, après le lever ou avant le coucher de ces astres, ainsi que des lueurs d'un rouge intense après le coucher ou avant le lever du soleil. Les dates auxquelles la coloration bleue ou verte du soleil a été vue pour la première fois, dans les différents lieux, sont les suivantes (voir la carte fig. 6).

Cape Coast Castle; 1 et 2 Septembre, couleur bleue (**209**).

Parimaribo; 2 Septembre, bleu indigo (**210**).

Puerto d'España (Trinidad); 2 Septembre, bleu; après le coucher du soleil la lueur rouge était si forte, qu'on crut à un incendie (**211**).

San Christobal (Vénézuéla); 2 Septembre, bleu (**211***).

Medellin (Colombie); 2 Septembre, bleu (**211***).

Bogota (Colombie); 2 Septembre, beau bleu (**211***).

Carthagène (Colombie); 2 Septembre, vert (**211***).

Panama; 2 et 3 Septembre, vert (**212**).

Maracaïbo (Vénézuéla); 5 (?) Septembre (¹); bleu d'azur (**211***).

A bord de la barque »*C. Southard Hurlburt*", par 125° Long. Ouest de Gr. et 17° Lat. N., on ne vit, le 3 Septembre, que des lueurs rouges, pas de soleil vert (**213**).

A bord du »*Jennie Walker*", par 155° 28′ Long. O. de Gr. et 8° 20′ Lat. N.; 4 Septembre à 5 heures du soir, soleil vert (**213**).

Fanning's Island 159° 22′ Long. O., 3° 52′ Lat. N.; 4 Septembre, soleil couleur de cuivre (**213**).

A *Maalaea*, dans l'île Maui (îles Sandwich), on vit, le matin du 5 Septembre, des lueurs rouges, mais pas de soleil vert (**213***).

A *Honolulu*, dans l'île Oahu (îles Sandwich), le soir du 5 Septembre et les jours suivants, des lueurs rouges furent vues; *une* communication parle aussi d'un soleil vert (**214** et **213**).

A bord du »*Zealandia*", faisant la traversée de San Francisco à Sydney, 3 jours après avoir quitté Honolulu, par environ 5° Lat. N., on observa, le 5 Septembre au soir, un soleil bleu, et de même le 6 Septembre au matin (**214*** et **215**).

Dans les *îles Gilbert*, le 7 Septembre, soleil coleur de cuivre (**215**) (²).

A *Strong's Island* (nommée Kusaie ou Ualan Island sur la carte marine anglaise), par 163° 4′ Long E. de Gr. et 5° 10′ Lat. N.; 7 Septembre, soleil d'un bleu argenté (**215**).

Ceylan et partie sud de l'Inde anglaise. En un grand nombre de

(¹) Cette date peut difficilement être exacte, vu que, dans tous les lieux voisins, le phénomène fut déjà observé le 2 Septembre.

(²) Les îles Sandwich se trouvent à l'est, les îles Gilbert à l'ouest du méridien de 180°, de sorte qu'ici la date change. Le 7 Septembre à l'île Strong et aux îles Gilbert est donc égal au 6 Septembre aux iles Sandwich.

lieux, le soleil fut vu, du 9 au 14 Septembre, coloré en bleu, en vert bleuâtre ou en vert (**216** et **217**).

Par 87° *Long. E. de Gr. et* 15° *Lat. S., en mer*; 14 Septembre, couleur jaune-verdâtre pâle. (Rapport du navire *Ida*) (**217**[a]).

Par 19° *Long. O. de Gr. et* 11° *Lat. N., en mer*; 14 Septembre, vert clair. (Rapport du navire de guerre allemand *Carola*) (**217**[a]).

Par 27° *Long. O. de Gr. et* 11° et 12° *Lat. N.*; 15 et 16 Septembre, vert d'herbe. (Rapport de la barque *Frieda Grampp*) (**217**[a]).

Le capitaine Penhallow de la barque *The Hope* vit des lueurs rouges le 18 Septembre, par 140° 29′ Long. O. de Gr. et 24° Lat. N. (**217**[b]).

A *Honolulu*, des lueurs rouges furent de nouveau vues le 20 Septembre (**217**[c]).

Du 22 au 24 Septembre, le phénomène de la coloration verte du soleil et de la lune se reproduisit en un grand nombre de points de *l'Inde anglaise* (voir **217**).

A *Duem* (Soudan), le soleil était, le 24 Septembre, vert clair (**218**).

Dans la seconde moitié de Septembre les beaux couchers de soleil furent observés dans le Sud de l'Australie et au Cap de Bonne-Espérance; au mois d'Octobre, en Californie et aux Etats-Unis de l'Amérique du Nord; en Novembre, Décembre et même encore dans les premiers mois de 1884, dans presque toute l'Europe. Il est à remarquer, toutefois, qu'après le mois de Septembre très peu de relations parlent d'une couleur *distinctement verte* des astres. Je trouve seulement mentionné que la lune avait à Kurachi, dans la première moitié d'Octobre, une teinte verte (**219**); que le 4 Décembre la lune, à son lever, présentait à York et à Worcester une couleur verte (**220**); que le soleil était, à Cracovie, le 24 Janvier 1884, d'un très beau vert (**220**[a]); à part ces observations, auxquelles on pourrait encore en ajouter quelques autres du même genre, les informations venues à ma connaissance parlent surtout de lueurs *rouges*.

Des données qui précèdent, il ressort que le phénomène du soleil bleu et vert, après le 27 Août, s'est déplacé de l'est vers l'ouest, et l'idée se présente naturellement d'admettre pour cause de ces apparences anormales les plus fines particules de cendre et la

vapeur émises par le Krakatau et restées en suspension dans l'atmosphère.

Si le phénomène ne s'est pas manifesté dans les derniers jours d'Août, à Ceylan ni dans l'Inde anglaise, ce serait parce que le »nuage de cendres" passa au sud de Ceylan et même au sud de l'équateur.

Il est à noter, toutefois, qu'entre le 7 et le 9 Septembre le soleil vert n'a pas été vu dans des lieux situés entre l'île Strong et Ceylan, par exemple à Manille ou à Saigon. On rapporte bien qu'à Iloilo le soleil était verdâtre, mais la date indiquée au lieu d'être le 8 Septembre, est le 9 et le 10 Septembre (**221**). A Elopura, sur la côte nord de Bornéo, le soleil était, 14? jours après l'éruption, vert terne à son lever et à son coucher. Cela aussi aurait donc eu lieu vers le 10 Septembre (**221a**). Peut-être le phénomène s'est-il bien produit 1 ou 2 jours plus tôt, mais sans avoir été remarqué.

La date du soleil vert à Laboean est incertaine (voir ci-dessous).

De Saigon, aucune communication sur le soleil vert ne m'est connue.

Si l'on admet que ces particules de cendre, parties de Krakatau le 27 Août au matin, sont arrivées à Ceylan le 9 Septembre en passant par-dessus l'Afrique et l'Amérique, elles doivent avoir possédé une vitesse très considérable, d'au moins 37 mètres par seconde, ou 134 kilomètres = 72 milles marins par heure, vitesse égale à celle du vent lors d'une violente tempête.

Il paraît, en outre, qu'une partie des poussières a pu se mouvoir vers *l'est*, car, déjà très peu de temps après l'éruption, la lumière solaire était affaiblie et le soleil présentait un aspect anormal, à Bali, à Laboean et en quelques lieux du Japon.

Le résident de Bali rapporta que dans les premiers jours après l'éruption (la date exacte du commencement du phénomène n'est pas donnée, c'était probablement dès le 28 ou le 29 Août), et jusqu'au 2 Septembre, le soleil, à Boeleleng, parut un peu obscurci, de sorte que le matin, jusqu'à 8 heures, on pouvait le regarder sans dommage pour les yeux. L'astre répandait une lueur jaune. Le résident explique le phénomène par des particules de cendre du Krakatau, flottant dans l'atmosphère (**222**).

Une lettre de l'Hon. Foley C. P. Verekeb, commandant du vaisseau de la marine royale britannique le *Magpie*, lettre datée Laboean-Island 1er Octobre, mentionne qu'après l'éruption le soleil eut pendant plusieurs jours, à une faible élévation au-dessus de l'horizon, une couleur verdâtre. La date exacte n'est pas indiquée (222*). (Cela n'a-t-il eu lieu, peut-être, que le 8 Septembre et les jours suivants? Verb.).

A Yokohama, le 30 Août, un peu après midi, le soleil parut perdre de sa force et un brouillard gris-jaunâtre s'étendit uniformément sur le ciel. Deux heures avant son coucher, le soleil avait l'aspect d'une pleine lune entourée d'une faible couronne de lumière. Le 31, le soleil se leva derrière une épaisse masse de nuages, dont il ne se dégagea qu'à 8 heures, ayant le même aspect que la veille après-midi. De légers nuages, semblables à des nuages de fumée, passaient à une grande hauteur au-dessus de la surface de la terre, devant le soleil. La même chose fut observée le 1er Septembre, et c'est seulement le 2 que le brouillard obscurcissant s'éloigna, probablement dans la direction du nord. Le phénomène fut attribué à la fumée et à la cendre émises par le Krakatau (223). Les particules de cendre auraient alors parcouru la distance de Krakatau à Yokohama, distance de 3149 milles (mesurée à la surface de la terre, donc sans tenir compte de la hauteur des particules au-dessus de cette surface), en 3 jours, ce qui correspond à une vitesse de $22\frac{1}{2}$ mètres par seconde ou 81 kilomètres par heure.

Une autre correspondance de Yokohama dit que le phénomène commença 2 (?) jours après l'éruption et dura pendant 2 fois vingt-quatre heures, après quoi le soleil présenta une couleur rouge de sang (224).

De Tokio on écrit que, pendant les 2 ou 3 derniers jours du mois d'Août, le soleil était de couleur cuivrée (225).

Les particules arrivées au Japon y ont été transportées par un vent du S. O., celles qui ont pris la direction de l'ouest étaient entraînées par un vent d'E., et celles qui sont allées en Australie étaient mues par un vent du N. N. O., tandis que dans les couches inférieures de l'atmosphère, ainsi que nous l'avons vu, régnaient dans

le détroit de la Sonde, pendant l'éruption, des vents du N. E. et du S. E.

Cette dispersion des particules de cendre dans différentes directions est tout à fait en harmonie avec les directions des vents dominants à différentes hauteurs.

Au mois d'Août règne à Java la mousson d'Est, qui n'est autre chose que l'alizé S. E. ordinaire. La direction des vents est alors généralement sud-est et sud-sud-est, quelquefois aussi nettement est ou même nord-est, et ce sont ces vents qui, comme nous l'avons vu, ont transporté les particules de cendre un peu lourdes à Bengkalis et à Singapore, dans la direction N. N. O., et à l'île Keeling dans la direction S. O.; d'après l'information venue de Kokos-eiland (voir la note **184**), la direction du vent y a été, pendant la chute de la cendre, du lundi soir 27 Août jusque dans la nuit du 29 au 30 Août, N. N. E. et N. E.

Dans les couches atmosphériques supérieures, on le sait, le vent à Java souffle *constamment* de l'est (S. E., E. et rarement N. E.), et cela, soit que des vents d'ouest ou des vents d'est règnent dans les basses régions de l'air. Comme limite inférieure de ces vents on peut admettre la hauteur de 2000 mètres, de sorte que les nuages de fumée sortant des cratères des volcans, qui presque tous dépassent 2000 mètres d'altitude, sont toujours entraînés vers l'ouest. La force de ces vents d'est paraît augmenter avec la hauteur, et ils doivent avoir eu une vitesse très considérable si c'est à eux qu'il faut attribuer non-seulement le transport des particules de cendre qui sont tombées à l'ouest de Krakatau sur des navires et en mer, mais aussi le phénomène du soleil bleu et vert. Ci-dessus, cette vitesse a été evaluée à 134 kilomètres par heure, valeur, toutefois, dont une petite partie [illegible]e à ce que la cendre, restant en arrière de la surface terrestre [illegible] mouvement général vers l'est, présente une vitesse apparente [illegible]eur sortie du cratère, les particules de cendre possè[illegible]a vitesse de rotation de la terre près de l'équateur, [illegible] parcourraient en 24 heures la distance $2 \pi r$, le [illegible] étant représenté par *r*. Si maintenant ces particules

sont lancées par le volcan jusqu'à la distance R du centre de la terre, elles devraient parcourir en 24 heures un chemin $2\pi R$ pour ne pas se trouver en retard par rapport à la terre. Mais, conservant leur vitesse initiale, elles restent en arrière, en 24 heures, de la quantité $2\pi R - 2\pi r = 2\pi (R-r)$, ce qui, à une hauteur de 50 kilomètres, fait $\frac{2\pi \times 50}{24} = \frac{314}{24} = 13$ kilomètres par heure. Des 134 kilomètres il y en a donc, si les particules de cendre se sont réellement élevées à 50 kilomètres, $134 - 13 = 121$ à mettre sur le compte du vent, vitesse encore assez considérable. En supposant que la hauteur des particules ne fut que de 30 kilomètres, elles ne seraient restées en arrière que de 8 kilomètres par heure, de sorte que la force du vent aurait alors dû être de 126 kilomètres.

Dans les hautes couches de l'air règnent sur l'hémisphère nord des vents du S. O., sur l'hémisphère sud des vents du N. O., produits par l'air chaud qui s'élève de l'équateur et, à une certaine hauteur, se meut vers les pôles. Les vents du S. et du N., qui devraient en résulter, sont changés par la rotation de la terre en vents du S. O. dans l'hémisphère nord et en vents du N. O. dans l'hémisphère sud, et c'est à ces vents que doit être attribué le transport de la fine cendre qui dans la nuit du 30 au 31 Août tomba sur le navire *Meda* près de la côte d'Australie, ainsi que le transport des particules de cendre, encore plus ténues, qui dans les premiers jours après l'éruption occasionnèrent le singuleur aspect du soleil à Bali, à Laboean et au Japon.

La dispersion de la cendre et de la vapeur du nuage volcanique — qui d'abord se mut seulement vers l'ouest, très près de l'équateur, dont il ne s'écarta tout au plus que jusqu'à 20° Lat. N. — est probablement due aussi, en majeure partie, à ces *contre-alizés* N. O. et S. O. Le phénomène des beaux couchers de soleil, qui dans les premiers temps ne se manifesta qu'à de basses latitudes, ne tarda pas, grâce à ces vents, à être observé en une foule de lieux des zones tempérées; tandis que la coloration bleue ou verte du soleil ne fut plus vue que très rarement après la fin du mois de Septembre,

ce qui, à mon avis, doit être regardé comme la conséquence de la dispersion des particules de cendre et de vapeur.

Bien que cette explication conduise nécessairement à admettre l'existence, à une certaine hauteur au-dessus de l'équateur, d'un *très fort* courant aérien, dirigé de l'est à l'ouest, — courant qui très probablement n'à pris naissance qu'à la suite même de l'éruption du Krakatau, notamment par l'énorme quantité de matières (cendre et vapeur) surchauffées qui lors de l'explosion du Lundi matin à 10 heures furent lancées subitement dans les couches atmosphériques élevées et froides, — il ne me paraît pourtant pas douteux que le soleil vert et les lueurs rouges ne doivent être attribués au Krakatau. Cette opinion est fondée d'abord sur ce que le phénomène ne commença qu'après le 27 Août et se propagea de l'E. à l'O.; puis, et principalement, sur ce que dans l'Inde anglaise et à Ceylan il fut observé non pas une seule fois, mais *deux fois*, et sur ce que les temps de l'observation donnent pour les deux voyages autour du monde *la même vitesse*, lorsqu'on part du 27 Août, le matin à 10 heures.

Du 27 Août, 10 heures du matin, jusqu'au 9 Septembre, 6 heures du soir (moment où le phénomène fut distinctement observé), c'est-à-dire en $13^1/_3$ jours, notre nuage de cendre parcourut le trajet de Krakatau par Trinidad, l'île Fanning et l'île Strong, à Galle et à Madras, soit une distance de 23000 milles; nous négligeons provisoirement la hauteur du nuage au-dessus de la terre. Ensuite, notre nuage de cendre fit une fois le tour du globe, depuis le 9 Septembre 6^h de l'après-midi jusqu'au 22 Septembre 6^h du matin, c'est-à-dire en $12^1/_2$ jours. Pour le premier parcours nous trouvons donc une vitesse de $\frac{23000}{13^1/_3} = 1725$ milles par vingt-quatre heures.

Dans le second parcours, le nuage n'a très probablement pas suivi le grand cercle, — auquel cas nous obtiendrions pour la vitesse $\frac{21600}{12^1/_2} = 1728$ milles, — mais le parallèle de 10° Lat. N. (latitude moyenne entre Galle et Madras), parce que la direction sera restée

est-ouest et que, dès le 9 Septembre, le centre du nuage se trouvait à 10° au nord de l'équateur.

Pour le second parcours nous trouvons, d'après cela, une vitesse de:

$$\frac{21600 \times \cos. 10^\circ}{12^1/_2} = \frac{21270}{12^1/_2} = 1702 \text{ milles par vingt-quatre heures.}$$

Le 22, le phénomène n'a pu être observé qu'un peu après le lever du soleil, mais le nuage de cendre a naturellement pu être arrivé déjà dans la nuit du 21 au 22 Septembre. Si l'on prend par exemple, pour le moment de l'arrivée, non pas 6 heures du matin, mais 2 heures du matin (de la nuit), notre temps de parcours de $12^1/_2$ jours se change en $12^1/_3$ jours, et la vitesse devient alors $\frac{21270}{12^1/_3} = 1725$, comme dans le premier voyage.

Eu égard à l'incertitude du chiffre $12^1/_2$, les vitesses trouvées pour les deux parcours s'accordent, comme on voit, extraordinairement bien, et on ne peut donc douter, à mon avis, que la production du nuage de cendre n'ait eu lieu à la date du 27 Août et que ce nuage ne soit parti de Krakatau lors de la grande explosion de 10 heures.

Les données de l'île Strong, du *Jennie Walker* et de l'île Fanning (voir plus haut) nous permettent de contrôler la vitesse trouvée de 1725 milles.

Pour *Strong's-eiland* la distance à Krakatau (dans la direction O.—E.) est de 18100 milles; cette distance fut parcourue en:

$$\frac{18100}{1725} = 10.49 \text{ jours} = 10 \text{ jours } 12^h.$$

à compter du............	27 Août 10^h mat., temps de Krakatau.
	6 Sept. 10^h soir, temps de Krakatau.
Ajout. la diff. de temps (3^h 50^m)	4^h
on trouve...............	7 Sept. 2^h du matin, temps local.

D'après l'information, le phénomène fut observé »le 7 Septembre".

Le *Jennie Walker* se trouvait par 155° 28′ Long O. de Gr. et 8° 20′ Lat. N.

Distance à Krakatau (de l'O. à l'E.) 15600 milles:

$$\frac{15600}{1725} = 9.04 \text{ jours} = 9 \text{ jours } 1^h.$$

à partir du.................... 27 Août 10^h mat., temps de Krakatau.
5 Sept. 11^h mat., temps de Krakatau.

Retranchant la diff. de temps (17^{h}24^m) 17$^1/_2{}^h$

on trouve...................... 4 Sept. 5^h 30^m du soir, temps local.

Le soleil vert fut observé à bord »le 4 Septembre, à 5 heures du soir".

Fanning's-eiland est éloignée de Krakatau (de l'O. à l'E.) de 15900 milles:

$$\frac{15900}{1725} = 9.22 \text{ jours} = 9 \text{ jours } 5^h.$$

à compter du.................. 27 Août 10^h mat., temps de Krakatau.
5 Sept. 3^h soir, temps de Krakatau.

Retranchant la diff. de temps (17^{h}39^m) 17$^1/_2{}^h$

on trouve...................... 4 Sept. 9^h 30^m du soir, temps local.

Le nuage arriva donc tard dans la soirée du 4 Septembre; aussi le rapport ne parle-t-il pas d'un soleil vert à cette date, mais seulement d'un soleil »couleur de cuivre"; quant à l'aspect du soleil le jour suivant, 5 Septembre, il n'en est rien dit.

Dans les lieux situés plus loin de l'équateur, le phénomène du soleil vert n'est pas apparu, ou ne s'est manifesté que d'une manière peu distincte, tandis que les lueurs rouges, par contre, y furent très belles. C'est ainsi que les informations du *Southard Hurlburt*, par 17° Lat. N., de Maalaea dans l'île de Maui, par 21° Lat. N. et de Honolulu, par 21° Lat. N., parlent principalement de lueurs rouges; une seule communication de Honolulu mentionne aussi une coloration verte du soleil.

Le centre du nuage paraît donc s'être mu, à l'Ouest de l'Amérique, au-dessus du parallèle de 8° ou 10° Lat. N., de sorte que le soleil bleu et vert a été observé surtout dans les lieux qui n'étaient pas très éloignés de cette latitude; les lueurs rouges au contraire, ont été vues distinctement en des points situés à une latitude nord plus élevée, qui se trouvaient sous l'extrémité beaucoup plus mince du

nuage, où les particules de cendre étaient beaucoup moins nombreuses et où prédominait la vapeur d'eau.

La vitesse moyenne de 1725 milles par jour, ou 71.88 milles par heure, est un peu moindre que la vitesse réelle, parce que le mouvement n'avait pas lieu à la surface de la terre, mais à une grande hauteur au-dessus. A 30 kilomètres de hauteur la vitesse devient 72.21 milles par heure, à 50 kilomètres de hauteur elle s'élève à 72.44 milles par heure.

On sait que les savants d'Europe ne sont pas encore d'accord quant à l'explication du soleil vert et des lueurs rouges. Les uns admettent que de très fines particules de cendre du Krakatau en ont été la cause, d'autres que les lueurs étaient occasionnées par une forte proportion de vapeur d'eau dans l'air, d'autres encore que cette abondance de vapeur d'eau provenait de l'éruption du Krakatau; quelques-uns, enfin, ont attribué les lueurs à des poussières *cosmiques*.

Ci-dessus il a déjà été dit que je regarde les déjections du Krakatau comme la cause tant du soleil vert que des lueurs rouges; mais, le »nuage de cendre volcanique" étant composé à la fois de particules de cendre et de vapeur d'eau, je dois maintenant exposer quelle part chacun de ces deux éléments constitutifs a probablement eue à la production des deux phénomènes; car, ainsi que M. le professeur Michie Smith l'a fait remarquer à juste titre, en se fondant sur la différence des spectres (voir **217**), il s'agit ici de deux phénomènes différents.

En ce qui concerne les teintes bleues et vertes du soleil et de la lune, qui ont été observées surtout dans le premier mois après l'éruption, et seulement en des lieux peu distants de l'équateur, il ne me paraît pas douteux que la présence de particules *solides* dans l'air n'ait joué le rôle principal; voici les faits sur lesquels cette opinion s'appuie.

Au Chapitre II et dans les Notes **34** et **34***, nous trouvons décrit ce qui a été observé à bord de l'»*Elisabeth*", les 20 et 21 Mai 1883, à proximité du détroit de la Sonde. Le 21 au matin, pendant que tombait encore une pluie de cendre et que l'air

était partout chargé de cendre et de vapeur, on vit le soleil coloré en *bleu-clair*.

L'éruption du Cotopaxi, le 3 Juillet 1880, a été observée par M. EDWARD WHYMPER. Il se trouvait à 16000 pieds au-dessus du niveau de la mer, sur le flanc ouest du Chimborazo, à environ 100 kilomètres (65 *miles*, probablement des statute-miles de 1609 mètres) du Cotapaxi. Le matin de ce jour, à $5^h 45^m$, il vit s'élever du sommet du volcan une grande colonne de fumée, qui en moins de 1 minute atteignit une hauteur de 20000 pieds. Cette estimation put se faire par suite de la circonstance que de l'altitude totale du Cotopaxi, 19600 pieds, les 10000 pieds supérieurs étaient seuls visibles, et que la colonne de fumée s'élevait au double de cette hauteur. Le sommet de la colonne de fumée était donc à 40000 pieds au-dessus du niveau de la mer. A cette hauteur, la cendre fut chassée d'abord par un vent d'est vers l'ouest, ensuite par un vent du nord vers l'observateur. Lorsque la cendre arriva entre le soleil et l'observateur, le soleil devint très distinctement *vert*. Les nuages paraissaient gris-verdâtre, puis rouge de sang ou rouge-brique, puis de couleur cuivrée. A $1^h 30^m$ une cendre très fine commença à tomber sur le pic du Chimborazo (**226**).

Le D^r^. BUDDE, de Constantinople, raconte que le soleil, vu à travers la fine poussière du Sahara, est quelquefois *bleu* (**226**[a]).

En Chine également, le soleil est quelquefois teinté en *bleu terne*, par l'atmosphère chargée de poussière dans les régions du »Löss" (**226**[b]).

Dans les deux premiers cas, la cendre rejetée était mêlée de beaucoup de vapeur d'eau, dans les deux autres il s'agit probablement de poussière *sèche*. Ces observations paraissent clairement indiquer que les *particules solides* étaient la cause essentielle de l'absorption spéciale des rayons lumineux, qui rendait le soleil bleu ou vert; la vapeur d'eau peut toutefois avoir renforcé le phénomène, car on sait que le brouillard aussi communique parfois une teinte bleue au soleil.

L'observation de M. LOCKYER, qui vit le soleil coloré en vert par la vapeur sortant de la cheminée d'un petit steamer, ne prouve rien contre notre opinion, car de cette cheminée s'échappaient aussi, très

probablement, une grande quantité de particules de cendre et de suie, et il est possible que le soleil devait sa teinte verte précisément à ce que la vapeur, à ce moment, contenait tant de particules solides. Cette vapeur était donc exactement dans le même état que notre nuage volcanique.

Les *lueurs rouges*, après le coucher du soleil, qui commencèrent presque immédiatement après l'éruption, notamment dès le 28 Août à Rodriguez, à Maurice et aux Seychelles (**227** et **228**), et qui par cela seul dénotent déjà une relation avec le phénomène volcanique, ont aussi été remarquées en 1831 et en 1863, peu de temps après les éruptions sous-marines qui eurent lieu à ces époques, entre Pantelleria et la côte de la Sicile (**229** à **232**). De même, un aspect anormal du soleil a été observé en 1783, après la grande éruption du Skaptar Jokul, volcan d'Islande (**232***).

En ce qui concerne toutefois la grande éruption du Tambora, en 1815, je n'ai pu trouver, malgré les recherches faites entre autres dans le *Javasche Courant* de cette année, la moindre mention de lueurs rouges.

Dans tous les cas en question, la vapeur d'eau expulsée par les volcans me paraît jouer un plus grand rôle que les particules solides.

D'abord, il est à remarquer que la surface sur laquelle les lueurs rouges ont été vues *à la même époque*, par exemple à la fin de Novembre, est beaucoup plus grande que la bande étroite à l'intérieur de laquelle le soleil bleu et vert a successivement été observé. Dans les premiers temps seulement, alors que les particules de cendre étaient encore peu dispersées, elles purent, dans un espace borné, donner au soleil des teintes vertes. Bientôt ce phénomène cessa, les particules de cendre furent disséminées — dans l'hémisphère nord par les vents du S. O., dans l'hémisphère sud par les vents du N. O. — tout autour du globe, sur une plus large surface, et probablement aussi une partie retomba peu à peu sur la terre. Il n'est guère admissible que la couche de cendre extrêmement mince, qui provint de cette chute, ait pu occasionner *seule* les phénomènes lumineux insolites. Le Dr. J. Hann a calculé qu'une quantité de fine cendre

ayant un volume de 6.4 kilomètres cubes, uniformément répandue dans toute l'atmosphère, ne fournirait qu'une couche d'un peu plus de 0.01 millimètre d'épaisseur; répandue sur les zones torride et tempérées, la couche serait épaisse de 0.014 millim; et répandue sur les zones tempérées seules elle deviendrait épaisse de 0.024 millimètre (**233**) Comme les matières rejetées tout autour du volcan ne dépassent pas le volume de 18 kilomètres cubes, et que le nuage de cendres qui était parvenu dans les couches atmosphériques supérieures avait, dès les trois premiers jours après l'éruption, laissé tomber une portion considérable de son contenu en mer, dans la direction de l'ouest, 1 kilomètre cube me paraît encore beaucoup trop pour la quantité probable de matière restée en suspension dans les hautes régions de l'air. Cette quantité correspond à une couche de 0.002 millimètre étendue sur toute la surface de la terre, ou à une couche de 0.004 millimètre sur les zones tempérées seules.

Il n'est donc pas probable qu'une couche si excessivement mince de poussière ait été la cause principale des lueurs crépusculaires, que nous sommes alors bien obligés d'attribuer aux grandes masses de vapeur d'eau rejetées par le Krakatau et dont la quantité échappe malheureusement à tout calcul. Cette vapeur d'eau, qui formait la majeure partie de notre »nuage volcanique", occasionna, après avoir été condensée et congelée dans les hautes et froides couches de l'atmosphère, les couchers de soleil d'une magnificence exceptionnelle; quant aux particules de cendre qui flottaient encore dans l'air, le rôle accessoire qu'elles ont pu jouer a été double: d'abord, elles ont pu augmenter l'intensité du phénomène, et, en second lieu, elles ont servi de centres de condensation pour la vapeur. La cause proprement dite des lueurs rouges était donc vraisemblablement la même que celle de la teinte rouge ordinaire du soir, et leur intensité particulière était une simple conséquence de l'énorme quantité de vapeur d'eau répendue dans les hautes régions de l'atmosphère, à la suite de l'éruption du Krakatau (**233**[a]).

Aux cristaux de glace peuvent avoir été mêlés aussi de petits cristaux de sel, provenant de l'eau de mer, dont une partie avait

pénétré par infiltration jusqu'au foyer volcanique, tandis qu'une autre partie fit irruption par le haut et fut éjaculée avec la lave. Toutefois, la proportion de sel, dans le nuage volcanique de vapeur et de cendre, doit avoir été très minime, de sorte que, pour l'explication des lueurs rouges, on peut hardiment ne tenir aucun compte de ces cristaux de sel.

Différentes communications tendent à faire croire que, quelque temps après l'éruption, des matières pulvérulentes étaient en suspension dans l'air et se déposèrent peu à peu sur la terre.

Le 17 Novembre, la neige, dans une vallée du centre de la Norwège, le Storelf, était couverte d'une poussière grise et noire (**234**).

A cette même date, une pluie mêlée de matières pulvérulentes tomba aux environs de Worcester (**235** et **236**).

Le 29 Novembre, une cendre (?) blanche (*a matter having a white sulphurous appearance*) tomba à Glen Grey près de Queenstown, Afrique méridionale (**237**).

Le 12 Décembre, il tomba à Highfield, Gainsborough, une pluie qui laissa un sédiment gris; de même, le 22 Décembre à York (**238**).

Le 7 Décembre, il tomba à Madrid de la neige qui fut examinée au microscope par M. JOSEPH MACPHERSON. Outre des particules minérales pouvant provenir des environs de Madrid même, il y trouva du pyroxène rhombique brun, l'un des éléments de la cendre du Krakatau (**239**).

M. M. BEYERINCK et VAN DAM, de Wageningen, ont examiné un sédiment gris foncé que la pluie laissa sur les fenêtres, le 13 Décembre au matin. Ils croient y avoir reconnu les mêmes éléments que dans la cendre du Krakatau. A la demande que je leur avais faite de vouloir bien m'envoyer des préparations de cette cendre, M. M. BEYERINCK et VAN DAM ont répondu qu'ils n'avaient pas conservé de préparations.

Les mêmes observateurs ont aussi examiné le sédiment d'une pluie du 11 Janvier 1884; les cristaux étaient en partie solubles dans l'eau (sel), en partie insolubles dans ce liquide (**240**).

Dans la nuit du 18 au 19 Décembre, de la neige mêlée d'une

poussière noire tomba dans le Sauerland, entre Agger et Lenne, à Gimborn, Lüdenscheid et environs (**241**).

Il me paraît très douteux que ces sédiments puissent être attribués au Krakatau. Toutes sortes de particules, en effet, sont ordinairement en suspension dans l'air, et les cristaux figurés par M. Beyerinck et appartenant au sel et à la substance dite »*andesitous mineral*", probablement du feldspath, ne peuvent porter en eux la preuve qu'ils soient originaires du Krakatau.

Le pyroxène rhombique, trouvé par M. Macpherson, est un peu plus probant, bien que ce minéral, à la suite de recherches récentes, ait également été découvert dans un très grand nombre de roches éruptives tertiaires et ne soit nullement au nombre des substances rares. Mais, ce qui doit surprendre, c'est que les particules les plus légères, les petits fragments de verre poreux (ponce), n'aient pas été trouvées en quantité notable, et même en quantité beaucoup plus grande que le pyroxène; car on se serait attendu à ce que des particules de cendre tombées si loin de Krakatau eussent consisté presque uniquement en fragments microscopiques de ponce. Or, cela n'ayant été nulle part le cas, je crois pouvoir inférer, des communications mêmes sur les poussières tombées, que les particules les plus ténues du Krakatau, restées en suspension dans les couches atmosphériques supérieures, ont été tellement dispersées qu'elles ont échappé à l'observation lors de leur chute sur terre. Leur quantité n'a donc pu être bien grande, de sorte que les particules trouvées dans la pluie et dans la neige doivent très probablement avoir eu une autre origine.

Rappelons, enfin, qu'il n'est pas nécessaire de rapporter exclusivement au Krakatau les particules, même de nature volcanique, qui flottaient dans l'air, ni les phénomènes lumineux apparus *après* le 6 Octobre; car à cette date a eu lieu une importante éruption du mont Augustin, en Alaska, dans laquelle furent rejetées des ponces, des cendres et de la vapeur.

L'activité volcanique s'est manifestée, de plus, en un point voisin de l'île Bogosloff (Aléoutes), où elle a donné naissance à une île nouvelle. C'est probablement de ce volcan que provenait la cendre

qui fut recueillie, le 20 Octobre, à Unalaska (Alaska). De la cendre paraît également être tombée, le 13 Octobre, à Sapporo, dans l'île de Jeso, la plus septentrionale des îles du Japon. La grande distance qui sépare cette île de Bogosloff, 2050 milles marins, rend douteux, toutefois, que cette dernière cendre puisse être attribuée au volcan en question. Quant aux volcans du Japon lui-même, je n'ai pas appris que quelqu'un d'entre eux ait été en activité au mois d'Octobre (**242**, **243** et **243***).

GÉOLOGIE DE KRAKATAU.

(A cette section se rapportent les petites cartes fig. 42 et 43 et les profils fig. 34 à 37).

A la fin du Chapitre I j'ai déjà dit, en quelques mots, que le grand effondrement de 1883 n'a laissé subsister qu'une partie du Krakatau, savoir la crête périphérique, de formation plus ancienne, tandis que la partie centrale, plus récente a entièrement disparu, à l'exception d'un très petit îlot, qui sur nos cartes porte le nom de »rots" (rocher), et sur la nouvelle carte marine hollandaise du détroit de la Sonde, celui de »Bootsmansrots".

Comme, en 1880, la partie centrale n'avait été visitée que très rapidement, et que j'avais seulement pu recueillir un petit nombre d'échantillons de roches, les notions géologiques acquises sur cette partie la plus jeune du volcan se réduisaient à très peu de chose. Toutefois, les débris aujourd'hui encore debout nous offrent des données suffisantes pour pouvoir reconstituer, dans ses traits essentiels, l'histoire du volcan Krakatau.

En partie par leur disposition relative, en partie par leur différence de composition, les produits du volcan se laissent distribuer en *trois* groupes, qui se sont formés dans des espaces de temps successifs. Chacun de ces espaces représente une période d'activité, durant laquelle eurent lieu une série d'éruptions effectuées par le même cratère

principal et amenant au jour des matières à caractère pétrographique constant; comparées entre elles, les éruptions d'une même période auront sans doute été séparées par des intervalles de temps plus ou moins longs.

Sous le rapport pétrographique, on ne peut distinguer que deux groupes parmi les roches de Krakatau: une *andésite à pyroxène*, contenant environ 68% d'acide silicique, et un *basalte*, n'en renfermant que 48%; les produits acides furent toujours rejetés par un cratère central, tandis que les matières basiques sortirent d'un cratère latéral ou excentrique.

Or, le basalte étant, quant à l'âge, intermédiaire entre deux andésites à pyroxène, nous obtenons ainsi, comme il a été dit, une distribution en trois groupes:

1. Une période ancienne d'éruptions andésitiques.
2. Une période d'éruptions basaltiques.
3. Une période moderne d'éruptions andésitiques.

Le troisième groupe comprend aussi les produits des deux seules éruptions connues du volcan, celles de 1680 et de 1883. Cette dernière éruption étant d'une grande importance au point de vue géologique, et ses produits ayant pu être étudiés d'une manière beaucoup plus exacte que ceux rejetés antérieurement, il convient de la décrire séparément, comme,

4. Eruption andésitique contemporaine.

---

1. *Première période.*

L'activité de notre volcan commença par l'épanchement de coulées d'une lave d'andésite à hypersthène, en un point de la fente transversale de la Sonde, décrite au Chapitre IV. Peu à peu fut édifié un puissant cône, qui finalement doit avoir atteint une altitude beaucoup plus grande que celle du point le plus élevé de l'île actuelle.

De ce cône le plus ancien il n'existe plus que quelques parties; un vaste effondrement fit disparaître dans les abîmes souterrains la

partie centrale, qui suivant un calcul modéré doit avoir eu au moins 2000 mètres de hauteur; il resta une couronne plus ou moins circulaire de produits éruptifs — le pied du volcan — que, dans la petite carte fig. 42, j'ai indiquée schématiquement par deux lignes ponctuées concentriques; les sondages anciens sont trop peu nombreux pour qu'on puisse déterminer partout, au côté intérieur, la forme exacte de l'éboulement.

Dans les profils fig. 34 à 36, une ligne ponctuée indique le contour de l'ancien volcan; le cratère doit avoir été situé à peu près au centre du cercle tracé sur la petite carte fig. 42, c'est-à-dire, environ, sinon tout à fait, à la place qu'occupa plus tard le cratère Danan.

Le cercle de produits éruptifs, qui resta après l'affaissement de la masse centrale, ne constituait pas un rempart fermé, s'élevant partout au-dessus du niveau de la mer, mais quelques-unes de ses parties formaient des îles. Avant 1883, on ne voyait, émergeant de l'eau, que trois fragments de ce bord — Verlaten-eiland, Lang-eiland et Poolsche Hoedje; — après l'effondrement de 1883, une quatrième partie du cirque est devenue visible, savoir, au pied du pic Rakata, à l'extrémité nord-est et est de l'île actuelle. Les couches supérieures du pic recouvrent ces roches plus anciennes en affectant une direction et une inclinaison différente, donc en stratification discordante (Voir la petite carte fig. 43 et la planche coloriée N°. 25 de l'album). Enfin, un haut-fond recouvert de 7 mètres d'eau seulement, et dont l'existence, entre Verlaten-eiland et Lang-eiland, n'a été signalée qu'au mois d'Août 1884, montre que là aussi l'ancien bord se trouve très peu au-dessous du niveau de la mer (Voir la carte fig. 43).

Après le premier effondrement, le volcan avait à peu près le même aspect qu'aujourd'hui (fig. 43), *sans* les roches du pic, mais *avec* le Poolsche Hoedje.

En faveur de cet effondrement plaident: les pentes abruptes par lesquelles la côte descend sous la mer au côté intérieur de Lang-eiland et de Verlaten-eiland, la faible inclinaison au dehors des coulées de lave de ces îles, et surtout, ainsi qu'on le verra plus loin, le caractère pétrographique propre de ces parties les plus anciennes du volcan.

La cavité circulaire résultée de cet affaissement a un diamètre d'environ 7 kilomètres, *et est donc au nombre des plus grands cratères d'effrondement du monde.*

Le cratère du Tengger, dans l'est de Java, qu'on cite toujours comme le plus grand de la terre, a été formé exactement de la même manière que les »enfoncements cratériformes" de Krakatau et de Santorin dans l'Archipel grec. Si l'on veut donc appeler simplement »cratère" le plateau presque horizontal du sommet du Tengger, on doit désigner sous le même nom les espaces, entourés d'îles et recouverts par la mer, de Krakatau et de Santorin, et alors le cratère du Tengger n'est certainement *pas* le plus vaste du monde.

Les dimensions des anciens cratères d'effondrement sont les suivants:

	Dimensions.	Forme.
Du Krakatau......	7 kilom. en diamètre.	A peu près circulaire.
Du Tengger......	8 kil. du N. au S. et de l'O. à l'E.	Carrée; la dimension de 8 kil. est la diagonale du carré (**243**b).
De Santorin......	$6^1/_2$ kil. de l'O. à l'E., 10 kil. du N. au S.	Allongée (en ellipse irrégulière).
Du Pic de Ténériffe (cirque)........	$7^1/_2$ kil. du N. au S., 10 kil. de l'O. à l'E.	Ovale.

Toutes ces enceintes sont d'ailleurs dépassées de beaucoup, quant aux dimensions, par le cratère d'effondrement du volcan Manindjoe, dans les Hauts-pays de Padang, à Sumatra, cratère qui a une forme irrégulièrement elliptique, le grand axe de l'ellipse (N. S.) mesurant 23 kilomètres, et le petit axe (O. E.), en moyenne, 11 kilomètres. L'espace entouré par la crête a une superficie d'environ 200 kilomètres carrés. Dans cette enceinte se trouve le lac de Manindjoe, qui possède une longueur maximum (N.—S.) de 16600 mètres, une

largeur moyenne (O.—E.) de 6000 mètres, et une superficie de 100 kilomètres carrés (**243°**).

C'est là, parmi les volcans mesurés exactement, le plus grand cratère d'effondrement connu; celui du lac de Toba, dans la partie nord de la résidence Tapanoeli, à Sumatra, est probablement encore plus vaste, mais jusqu'ici on n'a fait le levé que du bord méridional du lac.

Roches des premières éruptions de cette période.

La masse principale de l'ancienne enceinte consiste en bancs épais d'une andésite à hypersthène, de couleur grise, devenant gris-brunâtre par altération sous l'influence de l'air; entre ces bancs ne sont *pas* intercalés des couches de matières meubles. La roche a le plus souvent une pâte terne, lithoïde; au côté ouest seulement de Lang-eiland j'ai trouvé, en 1880, quelques roches vitreuses foncées, formant des plaques minces, qui paraissaient alterner avec les bancs beancoup plus épais d'andésite pierreuse. L'îlot Poolsche Hoedje était entièrement composé de ce beau verre noir-verdâtre foncé, qui par contre ne fut rencontré ni à Verlaten-eiland, ni au pied du pic Rakata; ce verre n'existe donc qu'en très petite quantité et a probablement été formé lors d'une éruption particulière, très bornée.

Les bancs de lave qui se voient au côté intérieur de Verlaten-eiland et de Lang-eiland, où ils se dressent en parois abruptes et nues jusqu'à une hauteur de 50, 80 et même 100 mètres, ne montrent, de haut en bas que très peu de variété; tant par cette uniformité du caractère pétrographique, que par l'absence de couches intercalaires désagrégées, — qui indiqueraient une ancienne surface couverte de végétation et décomposée, — ces laves donnent l'idée d'un ensemble unique, résultat d'une succession d'éruptions qui n'auraient *pas* été séparées par de longs intervalles de temps. Elles sont partagées par des joints de stratification en bancs de plusieurs mètres d'épaisseur, et elles présentent en outre un grand nombre de fissures dirigées parallèlement aux joints de stratification et divisant la lave en plaques minces, de 1 centimètre d'épaisseur et moins, fissilité qui est très caractéristique pour cette lave. Ces fissures ne sont pas les surfaces

limites ou les joints de coulées de lave qui se seraient recouvertes les unes les autres, mais elles ont évidemment été formées lors du refroidissement et de la contraction de la masse; leur cours est ordinairement un peu sinueux, elles se ramifient fréquemment et çà et là elles coupent même transversalement des cristaux de feldspath, ainsi qu'on peut le voir, au microscope, sur des lames minces taillées perpendiculairement aux fissures. Les fissures elles-mêmes ont une coloration en rouge-brique, due à une mince croûte altérée, et elles sont en outre entièrement remplies de très jolies lamelles limpides de tridymite, de sorte que la surface des plaques de lave brille comme si elle était couverte de givre. Ce dépôt de tridymite dans les *fissures* de la roche se rencontre surtout à Verlaten-eiland; à Lang-eiland, la lave, également en plaques minces, renferme de nombreuses *cavités,* ce qui est aussi le cas au pied du Rakata, et ces cavités sont, presque sans exception, entièrement tapissées de magnifiques lamelles de tridymite, qui brillent du plus vif éclat; la plupart des cristaux sont limpides, dans quelques cavités seulement ils ont été colorés en rouge brun par une infiltration postérieure d'oxyde de fer hydraté. En 1880, dans ma description du Sud de Sumatra (**244**), j'avais déjà appelé l'attention sur ce minéral, qui dans notre Archipel a été rencontré pour la première fois, en cristaux *macroscopiques,* dans les cavités de la lave en plaques de Lang-eiland. La tridymite est presque entièrement limitée aux cavités et aux surfaces des fissures, et ne prend du reste qu'une très faible part à la composition de la roche. L'andésite ancienne à hypersthène est le plus souvent *très riche* en tridymite; quelques bancs seulement de lave compacte de Verlaten-eiland sont un peu plus pauvres en ce minéral. Bien que des cristaux de tridymite aient été rencontrés aussi dans certaines roches plus jeunes du volcan, ce minéral n'y existe jamais qu'en proportion très restreinte, et *l'abondance de tridymite macroscopique* peut très bien être regardée comme une propriété caractéristique de la plus ancienne andésite à hypersthène. En conséquence, nous donnerons dorénavant à cette roche, pour la distinguer des andésites plus récentes, le nom de *roche à tridymite.*

Roche des dernières éruptions de cette période.

Sur les coulées supérieures de la lave compacte à tridymite s'étend, aux côtés N. E. et E. de Krakatau, une couche de 2 à 3 mètres d'épaisseur de déjections meubles à grains fins — cendre décomposée et sable — contenant des lapilli de la grosseur du poing, couche qui a exactement la même direction et la même inclinaison que les couches de lave sous-jacentes, mais qui est recouverte en stratification discordante par les couches basaltiques dont l'île de Krakatau est en grande partie composée.

Les lapilli, qui ont donc manifestement été émis par le même point que les courants de lave ancienne, consistent également en andésite à hypersthène. La démarcation entre cette couche et la lave cohérente sur laquelle elle repose se reconnaît déjà à une certaine distance, à la couleur plus claire de la plaque supérieure de cette lave, qui tranche auprès du jaune et du brun jaunâtre des couches de lapilli, lesquelles à leur tour tranchent sur les couches postérieures par la teinte plus brune de ces déjections basaltiques.

A la fin de notre première période, l'épanchement de coulées de lave a donc fait place à l'éjaculation de matières meubles, mais rien n'indique si ces deux phases d'activité se succédèrent à peu d'intervalle, ou si elles furent séparées par un long espace de temps. Il n'est pas tout à fait impossible que le grand affaissement central ait eu lieu entre les deux évènements, et que les couches de lapilli n'aient donc été formées qu'*après* l'effondrement.

2. *Deuxième période.*

Après que l'ancien volcan Krakatau se fut effondré, ne laissant debout que l'enceinte volcanique qui existe encore aujourd'hui, et en outre après que se furent formées les couches de lapilli dont il a été question plus haut, — car celles-ci peuvent être plus récentes que l'effondrement, — une nouvelle éruption, qui recouvrit entièrement la plus méridionale des quatre îles ci-dessus nommées, eut lieu à l'extrémité sud du volcan, *en dehors* du cercle des produits anciens. Les nouveaux produits furent donc amenés au jour par une *éruption latérale* ou éruption *de flanc*; tant sous le rapport pétrographique

qu'au point de vue chimique ils se distinguent nettement des autres roches du Krakatau, car ils contiennent des cristaux d'olivine visibles à l'oeil nu et appartiennent aux basaltes, c'est-à-dire à des roches beaucoup plus basiques que notre lave andésitique. De ces roches fut successivement édifié, jusqu'à une hauteur de 832 mètres, le pic Rakata, le point le plus élevé du groupe de Krakatau, tel que nous l'avons connu.

Dans l'effondrement de 1883, la montagne fut coupée presque verticalement par le milieu, de sorte que la structure interne de ce volcan basaltique a été admirablement mise à découvert (Planche 25 de l'album). Quand on se trouve au nord de la paroi à pic, on voit à gauche — donc à l'est — apparaître au pied de la montagne, sous les couches basaltiques et en discordance avec elles, les bancs massifs de la roche ancienne à tridymite et les couches de lapilli qui les recouvrent.

Plus haut, et jusqu'au sommet, le volcan consiste en un système de couches concordantes de cendres et de lapilli basaltiques, alternant avec des coulées de basalte compacte et traversées de nombreux filons. Toutes les couches, à partir de quelque point situé sous le sommet, s'inclinent à gauche et à droite, l'inclinaison diminuant à mesure qu'on s'éloigne du sommet — le milieu — de la montagne; la coupe est symétrique par rapport à la verticale abaissée du sommet, ce qui indique que le cratère doit avoir été situé dans un plan vertical passant par le sommet du cône. Toutefois, *on ne voit pas de conduit de cratère,* bien que la planche 25 pût faire présumer le contraire; cette planche rend l'aspect que la paroi abrupte présentait au mois d'Octobre 1883. Au milieu, sous le sommet, il y avait alors, provenant de la dernière éruption, beaucoup de cendre humide gris foncé, qui avait dégoutté le long de la paroi, et en outre un enduit de soufre, de couleur jaune; il en résultait qu'à une certaine distance on croyait voir un étroit conduit, lequel toutefois n'existait pas, ainsi qu'on le reconnut bientôt.

Lorsque, au mois d'Août 1884, je visitai de nouveau Krakatau, l'effritement récent de la roche et l'action des pluies avaient fait

disparaître l'enduit de cendre, de sorte que les couches et les filons s'apercevaient beaucoup plus distinctement que la première fois. Juste sous le sommet, on voit maintenant un large filon pierreux à peu près vertical, qui coupe les couches basaltiques depuis le niveau de la mer jusqu'aux $^2/_3$ de la hauteur de la montagne, où il se termine par un gros renflement lenticulaire. L'épaisseur de ce filon, formé d'andésite à hypersthène, est vers le bas d'environ 2 mètres, vers le haut d'environ 1 mètre.

Entre ce filon et le Zwarte Hoek — l'extrémité ouest de l'ancienne île (voir la carte fig. 1), — on remarque plusieurs filons plus étroits, de $^1/_4$ à $^1/_3$ de mètre d'épaisseur, tous composés de basalte et qui, le plus souvent dans une direction fortement inclinée ou même verticale, quelques-uns sous une inclinaison plus faible, coupent les couches basaltiques, parfois jusqu'à une hauteur considérable. Dans la roche sous-jacente, à tridymite, je n'ai pas observé de veines, mais par contre j'ai rencontré quelques blocs de cette roche dans le basalte.

J'ai cherché, avec tout le soin possible, à déterminer la situation du cratère du Pic, sans avoir réussi jusqu'ici à obtenir une entière certitude à cet égard. Le cratère n'a pas été coupé par l'effondrement, mais la position des couches ne montre pas distinctement s'il se trouve au sud de la paroi, ou bien s'il était situé au nord et a été englobé dans l'effondrement. Dans le premier cas, les couches mises à découvert sur la paroi abrupte doivent posséder en leur milieu, sous le sommet, une inclinaison au *nord*, dans le second cas une inclinaison au *sud;* par rapport à une personne qui est placée au nord de la paroi et qui la regarde, ces couches doivent donc plonger, dans le premier cas, *vers l'observateur*, dans le second, *du côté opposé*. Malheureusement les têtes seules des couches sont à découvert, et ces têtes ne peuvent rien nous apprendre quant à l'inclinaison.

L'éboulement au côté est ne donne pas non plus d'issue, car il ne coupe que le pied du volcan; si cette coupure, dirigée du N. au S., passait plus à l'ouest, près ou au travers du cratère (en d'autres termes, si du Pic il était resté non pas la moitié, mais seulement le quart), la question naturellement serait résolue.

Il n'y avait donc d'autre ressource que de chercher, au sommet du Pic, une ouverture de cratère. Au côté postérieur de la montagne, un peu au-dessous du sommet, on trouve effectivement un léger enfoncement, qui marque peut-être la place de la bouche volcanique; mais, en Octobre 1883, le revêtement de cendres était trop épais et les roches sous-jacentes par suite trop peu visibles, pour qu'il fût possible de rien décider à cet égard. D'ailleurs dans un volcan dont l'activité a cessé et qui au sommet est composé de matières *meubles*, il n'est pas rare que la cavité du cratère soit entièrement remplie de cendres et de lapilli, détachés des parois par émiettement ou par érosion; circonstance qui, même dans les cas ordinaires, rend l'orifice difficile à reconnaître. Au reste, plus tard, j'espère pouvoir visiter encore une fois ce point.

Dans les profils fig. 34, 36 et 37, le cratère a été supposé exister encore. C'est là aussi l'hypothèse la plus plausible, parce que la composition chimique du basalte diffère beaucoup de celle des andésites à hypersthène, et qu'il n'est donc pas probable que le cratère du Pic débouchait dans le grand réservoir central de la lave, lequel paraît avoir toujours contenu un magma assez acide; de la manière indiquée par les profils, on peut très bien se représenter le Pic en communication avec un réservoir particulier, dans lequel se trouvait une lave plus basique.

Quoiqu'il en soit, la coupe montre clairement, par la position des couches, que l'effondrement a eu lieu *très près du cratère* et a donc mis à nu environ le centre du volcan. Cela nous permet de constater ce fait géologique intéressant, qu'il n'existe, dans ce volcan, *ni cavité, ni noyau solide, d'une étendue un peu considérable.*

Le Pic était jadis un cône aigu, sans cratère à bord effondré. Or, la fusion de la partie interne des manteaux volcaniques devant être regardée comme la cause des effondrements, il me paraît assez probable que les volcans à effondrement central sont les seuls dans lesquels une partie importante des matières intérieures ait été fondue, tandis que, chez les volcans qui persistent à l'état de cônes réguliers, cette liquéfaction n'a pas eu lieu, ou ne s'est produite que dans une faible mesure.

Il ne sera pas facile, toutefois, de s'assurer si cette règle trouve une application générale, car les coupes de volcans, aussi instructives que celle du Krakatau, resteront toujours extrêmement rares.

Les coulées de basalte, qu'on voit entre les couches de matières basaltiques meubles, sont souvent épaissies en forme de lentille et présentent çà et là des renflements bizarres, par suite d'un obstacle temporaire au mouvement des matières fluides. A leurs faces supérieure et inférieure les coulées possèdent une croûte poreuse, due au dégagement des gaz inclus, et ordinairement devenue rouge-brique par altération. La partie interne des coulées est compacte et fraîche. Leur épaisseur, abstraction faite des renflements, varie en général de $^1/_3$ à $^1/_2$ mètre; celle des couches de lapilli oscille entre $^1/_4$ de mètre et 2 mètres.

Pour ce qui concerne enfin la substance elle-même, les coulées, les lapilli et les filons paraissent tous être composés de la même espèce de basalte à feldspath. L'une des veines seulement renferme, comme élément accessoire, de la mélilithe, minéral qui manque dans tous les autres échantillons, très nombreux, que j'ai examinés.

3. *Troisième période.*

Les éruptions basiques, de nature basaltique, firent de nouveau place à celles d'une matière plus acide, savoir, l'andésite à hypersthène. Ces nouvelles éruptions, toutefois, se produisirent *au centre* du volcan, entre les îles. Par elles furent successivement édifiés les monts Danan et Perboewatan, qui d'abord formaient probablement une île indépendante, ou deux îles, mais qui plus tard, à mesure que leurs produits éruptifs s'étendirent plus loin, se réunirent au pic Rakata, en une île unique. Les cratères du Danan et du Perboewatan, et peut-être aussi ceux d'autres points éruptifs voisins, doivent tous être considérés comme les cheminées d'un même grand foyer central rempli de lave, de sorte que les produits de cette période, bien que sortant de bouches différentes, proviennent tous d'un seul et même cratère principal. Le Danan atteignait une hauteur d'environ 450 mètres, le Perboewatan ne s'élevait qu'à environ 120 mètres, et le cratère de ce dernier se trouvait encore beaucoup plus bas, dans

une excavation en fer à cheval, située à 50 ou 60 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La limite entre le basalte et les roches plus jeunes du Danan est indiquée schématiquement sur la petite carte géologique fig. 42; aucun levé de cette limite n'avait été fait avant l'effondrement de 1883.

Quant à l'époque où se formèrent les diverses parties du volcan citées jusqu'ici, on ne peut absolument rien préciser; tout s'est passé dans les temps préhistoriques, temps, il ne faut pas l'oublier, qui se sont prolongés beaucoup plus tard aux Indes qu'en Europe, puisque, sur les évènements dont l'Archipel a été le théâtre, nous ne possédons qu'un très petit nombre de documents, dignes de foi, qui remontent à plus de 300 ans.

Nous savons seulement, par la relation de Vogel (voir la Note 1), que le Perboewatan a eu une éruption en Mai 1680; mais on ignore si ce cratère existait déjà à cette époque ou s'il entra alors pour la première fois en activité.

Notre volcan était donc maintenant constitué — de même que le Tengger avec le Bromo dans l'Est de Java, le Monte Somma avec le Vésuve, les îles Théra, Thérasia et Aspronisi avec les Kaimeni du groupe de Santorin, et un grand nombre d'autres volcans — par une enceinte plus ancienne et une partie centrale plus jeune.

Au sujet des roches qui composaient les cônes Danan et Perboewatan, nous ne possédons que très peu de données. Au mois de Juillet 1880, je recueillis seulement des échantillons de la coulée de lave qui, à l'extrémité nord du Perboewatan, se jetait dans la mer. Cette coulée ne présentait encore aucune trace de dégradation par les agents atmosphériques et était par suite entièrement nue, contrastant ainsi avec tout le reste de l'île de Krakatau, couvert d'une épaisse végétation; ce fait dénote l'âge relativement jeune de la lave en question et permet de supposer qu'elle date de l'éruption de 1680.

Cette lave est, de même que la roche de l'enceinte ancienne, une andésite à hypersthène, qui toutefois se distingue de cette dernière par l'absence de tridymite macroscopique. La partie supérieure de la

coulée était très poreuse, le reste formait une masse compacte, riche en verre et de couleur foncée. D'autres échantillons, originaires probablement d'une coulée un peu plus ancienne, sont au contraire gris clair, à pâte lithoïde.

Le Bootsmansrots, la seule partie du Danan qui existe encore, consiste également en andésite à hypersthène, lithoïde, sans cristaux de tridymite. Cette lave est divisée en plaques, qui toutes ont une très forte inclinaison à l'Ouest, de 60 à 70°; or, ces plaques n'ayant évidemment pas été déposées sous une pareille inclinaison, il faut en conclure que le rocher en question est un fragment du Danan dérangé de sa position primitive et faisant saillie au-dessus de la mer.

On doit aussi rapporter à cette période le filon d'andésite à hypersthène, épais de 2 mètres, qui, comme nous l'avons vu ci-dessus, traverse verticalement les couches basaltiques, sous le sommet du Rakata. La roche est de couleur gris foncé, et pourvue de nombreuses cavités, tapissées de cristaux de gypse. Le Danan, de même que le Perboewatan, était probablement composé de couches andésitiques alternativement cohérentes et meubles, coupées de nombreuses veines, la plupart radiales, de la même roche; un de ces filons paraît s'être prolongé, en dehors du massif du Danan, jusque dans le cône du Rakata, où le dernier effondrement l'a mis à découvert. Outre les cristaux de gypse, on distingue à la loupe quelques petits cristaux de tridymite, le seul exemple connu de l'existence de ce minéral dans les roches *jeunes* du Krakatau.

A cette même période je rapporte encore les fragments d'andésite à hypersthène contenant de l'olivine, que M. l'ingénieur des mines Schuurman à ramassés, au mois de Mai 1883, au pied du Perboewatan, alors en activité.

Cette intéressante roche, dont nulle part ailleurs on n'a rencontré la moindre trace, ne fait certainement pas partie des matières propres à l'éruption du mois de Mai, car tous les produits de 1883 sont dépourvus d'olivine et, en outre, beaucoup plus riches en verre. C'est donc vraisemblablement un fragment rejeté avec ces produits, mais originaire du manteau du Perboewatan.

Enfin, on trouve parmi les matières rejetées en 1883, à l'extrémite ouest de l'île actuelle de Krakatau, quelques morceaux d'andésite à hypersthène, qui ne ressemblent ni aux roches de l'enceinte ancienne, ni aux produits de 1883, et qui doivent par conséquent appartenir à cette 3e période. Quelques-uns de ces débris renferment, dans des cavités, de beaux cristaux de dolomie.

Comme on le voit, ce qui nous est resté des roches de la 3e période se borne à un petit nombre de fragments, tout à fait insuffisants pour reconstituer, même à grands traits, l'histoire des éruptions successives.

Le caractère commun des roches de cette période, c'est que toutes consistent en andésite à hypersthène; néanmoins, elles offrent entre elles quelques différences assez notables, autorisant la conclusion que ces roches sont les produits d'éruptions très différentes, émanant de points différents de la partie centrale.

4. *L'éruption de* 1883.

Après l'éruption de 1680, le volcan demeura en repos pendant 203 ans, jusqu'au 20 Mai 1883, date où le Perboewatan entra en activité. En Juin se joignit à lui, comme point actif, le Danan, qui probablement forma bientôt le cratère principal, situé au centre de l'ancien volcan, vraisemblablement à la place même qu'avait occupée le cratère antérieur, ou très près de cette place. L'éruption atteignit son maximum de violence le 27 Août; le matin de ce jour, toute la partie centrale du volcan s'effondra; la crête marginale composée de bancs de lave solide (Lang-eiland et Verlaten-eiland), ainsi que la partie du pic qui reposait sur les bancs d'andésite ancienne (voir les profils fig. 36 et 37), restèrent debout; quant à la moitié septentrionale du pic, qui n'était pas assise sur l'ancien bord du cratère, mais sur la partie supérieure de l'ancienne lave de son fond, — lave que la chaleur avait ramollie et partiellement fondue — elle disparut dans l'abîme.

Les sondages exécutés, malheureusement en trop petit nombre, font voir que le nouvel effondrement a environ le même contour, de forme presque circulaire, que doit avoir eu l'effondrement ancien; tous les deux sont indiqués sur la petite carte fig. 43. L'affaissement de 1883 n'est donc que la répétition de l'affaissement antérieur, préhistorique.

Seulement, çà et là une partie de l'ancienne enceinte s'est éboulée avec le milieu du volcan, et de cet éboulement le Poolsche Hoedje a été la victime.

L'éruption de 1883 peut être regardée comme ayant pris fin dans la matinée du 28 Août, bien qu'en Septembre ou en Octobre, à une date inconnue, ait encore eu lieu une petite éruption sous-marine.

Les matières solides rejetées dans l'éruption de 1883 consistent de nouveau en andésite à hypersthène, sous la forme de roches vitreuses compactes, de ponces et de cendres, les deux dernières en beaucoup plus grande quantité que les verres. Il ne s'est *pas* formé de coulées de lave, tout a été expulsé soit en fragments gros ou menus, soit à l'état de poudre très fine.

Les récents produits du Krakatau ressemblent beaucoup, quant à la composition minéralogique, aux andésites à hypersthène plus anciennes, mais ils sont, en général, beaucoup plus riches en verre que ces dernières.

Nous voyons ainsi que le grand cratère central a *toujours* fourni de l'andésite à hypersthène, tandis que le basalte n'est arrivé au jour que par un cratère latéral. Quoique le pic basaltique porte fortuitement le nom de Rakata, le Krakatau proprement dit est donc, de ses produits les plus anciens à ses déjections les plus récentes, un vrai volcan d'andésite à hypersthène. Mais, l'éruption du basalte ayant eu lieu très près de ce volcan, le cône basaltique forme maintenant avec le Krakatau, sous le rapport topographique, un seul ensemble, et par suite ils doivent aussi être étudiés conjointement au point de vue géologique.

Si le basalte était apparu un peu plus au sud, nous aurions eu deux volcans voisins, composés, l'un d'andésite à hypersthène, l'autre de basalte; la même combinaison de matériaux acides et basiques se retrouve en d'autres îles juxtaposées du détroit de la Sonde, sans qu'aucune régularité puisse être découverte dans l'apparition de ces deux espèces de roches.

On pourrait être tenté de croire que le basalte est sorti exclusivement par la fente transversale du détroit de la Sonde, l'andésite à hypersthène exclusivement par les fentes longitudinales de Java et de

Sumatra (voir la carte fig. 3), ou *vice-versâ*. Cela n'est nullement le cas, toutefois; le long de *toutes* les fentes on trouve des points d'éruption aussi bien de matières acides que de matières basiques; en outre, quelques îles de basalte ou d'andésite sont dispersées de telle sorte dans le détroit de la Sonde, qu'on ne peut les rapporter à aucune des trois fentes. L'apparition de ces deux roches n'est donc pas liée à des directions déterminées.

On ne saurait encore dire si, sur toute l'étendue du détroit de la Sonde, le basalte a pris naissance dans la même période, entre deux éruptions d'andésite, comme cela a été le cas à Krakatau; ailleurs, en effet, les roches n'ont jusqu'ici pas été observées en contact distinct.

En résumé, voici les points essentiels, ou évènements successifs, que nous pouvons distinguer dans l'histoire de notre volcan:

1. Formation du volcan en un point de la fente transversale de la Sonde. Epanchement de coulées de lave d'andésite à hypersthène.
2. Effondrement de la partie centrale de ce volcan haut d'au moins 2000 mètres. La partie épargnée forme une enceinte circulaire ou cirque, dont 4 pièces font saillie au-dessus de la mer.
3. Formation du pic Rakata, en suite d'une éruption basaltiqne latérale. Il est successivement édifié par des couches de matières meubles alternant avec des coulées de lave.
4. Formation des cratères Danan et Perboewatan au centre du volcan principal; ils sont constitués de couches alternativement meubles et solides d'andésite à hypersthène.
5. Eruption du Perboewatan en Mai 1680; des fragments de ponce sont rejetés, et probablement il s'epanche aussi des coulées de lave d'andésite à hypersthène.
6. Eruption du 20 Mai au 28 Août 1883. De l'andésite à hypersthène est rejetée en majeure partie sous la forme de cendres et de ponces, pour une petite partie à l'état de matière vitreuse compacte en blocs isolés.
7. Effondrement de la partie centrale du volcan dans la matinée du 27 Août 1883.

Si un jour le volcan rentre en activité, il est à prévoir qu'au milieu de la mer entourée du pic Rakata, de Verlaten-eiland et de Lang-eiland, surgiront de petites îles, de même que les Kaimeni se sont élevées dans le groupe de Santorin, et de même que les cratères Danan et Perboewatan furent autrefois formés dans la mer circonscrite par l'ancienne enceinte du volcan.

COURT APERÇU GÉOLOGIQUE DES ÎLES ET DES CÔTES DU DÉTROIT DE LA SONDE. SOUS-SOL DE KRAKATAU.

Le Krakatau a rejeté, en 1883, quelques débris qui ne proviennent pas du volcan lui-même, mais du sous-sol.

Afin de pouvoir juger de l'âge de ces débris, en partie éruptifs en partie sédimentaires, je rappellerai succinctement l'état actuel de nos connaissances sur la constitution géologique de la partie ouest de l'Archipel en général, et du détroit de la Sonde en particulier (**245**).

Sur une base de sédiments paléozoïques fortement plissés et traversés de roches éruptives, principalement des granites et des diabases, gît directement — toutes les roches mésozoïques faisant défaut — le terrain tertiaire ([1]).

Les sédiments tertiaires se partagent en deux groupes, savoir un groupe *préandésitique*, dans lequel on ne trouve pas encore de débris d'andésite, et auquel appartiennent entre autres les grès quartzeux à couches de houille, et un groupe *postandésitique*, qui est essentiellement composé de couches contenant des détritus d'andésite. Le premier est probablement d'âge *éocène*, le second d'âge *miocène*. Ces deux divisions du tertiaire, lequel est ordinairement redressé et plissé, sont séparées l'une de l'autre par de puissantes éruptions d'*andésite* massive, en partie *à pyroxène*, en partie *à amphibole ;* en outre, à une époque postérieure, dans le miocène même de l'Ouest de Java, ont eu lieu des éruptions d'*andésite à quartz*.

([1]) C'est seulement dans la partie orientale de notre Archipel, qu'on trouve, en quelques points, des roches de la formation crétacée (**245a**).

Sur les roches miocènes (en partie peut-être aussi pliocènes) reposent les volcans, dont la formation a déjà commencé dans la période diluvienne et a continué jusqu'à nos jours. En général, ils sont nettement séparés, par leur forme conique et surtout par leur structure, qui en fait de vrais *strato-volcans*, des massifs andésitiques homogènes du miocène ancien. Quelques îles du Détroit et quelques chaînes de collines sur les côtes ne présentent pas la forme caractéristique en cône, bien qu'elles soient pourtant très probablement composées d'andésites jeunes (quaternaires), à en juger par l'aspect très frais, entièrement néo-volcanique, de ces roches. Au reste, la plupart des îles n'ont été visitées qu'en passant, et il n'est pas improbable qu'une exploration attentive fasse découvrir dans beaucoup d'elles un cratère, ou du moins un ancien relief de volcan, qui par des effondrements partiels et de fortes érosions aurait perdu la forme conique. Il se peut toutefois aussi que quelques-unes n'aient jamais possédé la forme de cône, les matières n'étant pas arrivées au jour par un point central, mais par une fissure plus ou moins longue.

A l'époque diluvienne et récente, le fond du détroit de la Sonde a reçu des sédiments, qui consistent essentiellement en déjections volcaniques remaniées par les eaux. Au microscope, ils se distinguent des sédiments tertiaires en ce qu'ils contiennent ordinairement des particules de verre poreux (ponce), qui manquent dans les roches plus anciennes.

Ainsi qu'il a déjà été dit, les îles et les côtes du détroit de la Sonde n'ont pas encore fait l'objet d'une exploration géologique *détaillée*, ce qui exigerait plusieurs mois; à grands traits, toutefois, nous pouvons nous former une idée de leur constitution géologique, à l'aide des échantillons de roches qui ont été recueillis en un grand nombre de points, et dont la plupart ont été examinés au microscope. Parmi les roches sédimentaires, on trouve:

Des *roches schisteuses* près de Tarahan, sur la côte est de la Lampongbaai, ainsi que dans trois des îles Zutphen, près du Varkenshoek, savoir: Kandang, Hoog-eiland et Klein-eiland. La direction des couches est de 145°, l'inclinaison au S. O. Ce sont des phtanites bruns et

gris, sans fossiles, qui autrefois ont été regardés comme anciens (paléozoïques). Depuis lors, on a trouvé à Java des phtanites miocènes, de sorte que les schistes du détroit de la Sonde ne remontent peut-être pas non plus au-delà du tertiaire.

Des *roches blanches très riches en silice* se rencontrent aux environs de Teloeq Betoeng (Apenberg) et près de Tandjoeng Karang, au nord de cette localité; elles sont ordinairement déposées en couches peu distinctes. Les mêmes couches existent aussi dans l'ilôt Brabandshoedje, vis-à-vis d'Anjer: direction 135°, inclinaison environ 60° au N. E. Au microscope, ces roches montrent une pâte trouble, donnant entre les nicols croisés une polarisation confuse en mosaïque, et quelques petits sphérolithes. Une image analogue est fournie par la pâte de certaines andésites quartzifères (dacites) miocènes, surtout lorsqu'elles sont altérées; les roches blanches en question sont donc probablement des tufs de ces andésites, et également d'âge miocène.

Des *marnes, argilites et grès tertiaires*, probablement d'âge miocène, se voient à Meeuwen-eiland, la grande île de la Meeuwen-baai, près de Java's 1e Punt.

Des *sédiments diluviens*, principalement des tufs poneeux blancs ou de couleur claire, existent sur une grande étendue dans l'intérieur de la résidence de Bantam, et sur la côte est de Sumatra, près de Ketapan, à l'est du Radja Bassa.

Les roches éruptives consistent en:

Andésites d'âge miocène ancien. Elles s'observent dans la longue croupe nommée Boekiet Sawah, sur la rive occidentale de la baie de Semangka. Le pyroxène, d'ordinaire fortement pléochroïque entre les teintes brun-rougeâtre et verte, est en majeure partie orthorhombique; la roche est une *andésite à hypersthène.*

Dans la grande île de Taboean, située à l'extrémité sud de la baie de Semangka, on trouve, sur la côte nord, une roche déposée en bancs, qui ressemble beaucoup à celle de l'Apenberg près de Padang (Sumatra's Westkust), et qui se montre aussi en une foule d'autres points de la longue chaîne andésitique dont le Boekiet Sawah, susmentionné, forme l'extrémité sud. Elle rappelle le diabase ancien, par

une forte proportion de chlorite et une moindre d'épidote; autour des grains de fer oxydulé on voit même, ce qui est aussi le cas ça et là dans la roche de l'Apenberg, de petites taches ternes de leucoxène, (produit de décomposition du fer titané) qu'on n'est pas habitué à rencontrer dans les roches éruptives tertiaires. Le pyroxène est exclusivement de l'augite monoclinique. Si ces roches sont réellement d'âge tertiaire ancien et appartiennent donc aux andésites à augite, — ce qui jusqu'ici n'a pu être établi d'une manière tout à fait certaine, — il paraîtrait que le leucoxène entre aussi dans les plus anciennes roches éruptives tertiaires de l'Archipel.

Même dans les andésites quartzifères indubitablement miocènes de la partie ouest de la résidence Preanger-Regentschappen on trouve assez souvent, *lorsque les roches sont très altérées*, dans des lames minces, autour des grains de fer oxydulé, de petites taches troubles, que je suis très porté à prendre pour du leucoxène (particules de titanite).

Andésites tertiaires plus jeunes. Les Monnikrotsen et la masse principale du rocher sur lequel est bâti le phare de Java's 1e Punt consistent en une andésite foncée à pâte compacte, ressemblant au porphyre quartzifère; la roche appartient au groupe des *andésites à quartz* ou *dacites,* qui se trouvent surtout dans la partie ouest des Preanger, où leurs bancs alternent en stratification concordante avec des couches miocènes, ce qui montre qu'ils se sont formés *pendant* la période miocène.

Dans la roche des Monnikrotsen le quartz est très rare parmi les plus gros cristaux. Au côté est du rocher (voir la fig. 26) on voit un très beau *perlite,* que j'ai déjà décrit dans les »*Nieuwe geologische ontdekkingen op Java*". L'»augite", en partie décomposée et fortement pléochroïque, dont il est question dans ce Mémoire, est de l'hypersthène; la roche est un *perlite d'andésite à hypersthène, contenant de l'amphibole.*

Les roches ne sont pas assez à découvert pour qu'on puisse décider si le perlite forme un filon dans la dacite, ou s'il constitue simplement une modification riche en verre de celle-ci. Quelques échantillons de la roche riche en verre contiennent de beaux sphérolithes, les fissures perlitiques s'effacent entièrement dans ces échantillons.

Basalte (probablement quaternaire et plus jeune). Cette roche se montre en coulées de lave près de la source chaude au pied du Tangkamoes ou Keizerspiek, lequel s'élève sous la forme d'un cône escarpé, haut de 2280 mètres, près de l'extrémité nord de la baie de Semangka. Le sommet de ce mont n'a pas encore été visité.

Dans l'île Lagoendi, j'ai trouvé du basalte parmi les cailloux roulés d'une rivière qui se jette dans la jolie baie de Patappan, à la côte nord de l'île.

Au pied du beau cône de Sebesi, l'île située au nord de Rakata, on trouve également du basalte, savoir, dans la petite île Mengoenang (Huismans-eiland). Le volcan possède une enceinte plus ancienne, qui se voit bien surtout au côté ouest de l'île, et dans laquelle s'est formé un cône d'éruption plus récent, haut de 859 mètres d'après la carte marine. Des roches du sommet on n'a pas encore recueilli d'échantillons.

Un basalte fin existe à Seboekoe besar.

Enfin l'île Rimau besar, l'une des Zutphens-eilanden en forme de cône aigu, consiste au côté nord en une lave basaltique noir foncé, très fraîche d'aspect.

Andésite à hypersthène (probablement quaternaire et plus jeune). C'est la roche la plus répandue dans les îles du détroit de la Sonde. On la trouve: au côté nord de la grande île Prinsen-eiland, en petites collines; dans la croupe qui unit les volcans Tangkamoes et Pesawáran (Lampongs); dans l'île Lagoendi, à l'état de roche très fraîche, dans la même rivière où furent trouvés les cailloux de basalte dont il a été question ci-dessus; à Seboekoe besar et à Seboekoe Ketjiel; au pied du Radja Bassa, volcan de plus de 1300 mètres de hauteur, sur la côte de Sumatra, au voisinage du kampoeng (maintenant détruit) Tjanti; au Varkenshoek; à Hout-eiland, l'une des îles Zutphen; à l'île Dwars in den weg; et au Toppershoedje.

On voit par cet aperçu que le basalte et l'andésite à hypersthène se trouvent assez souvent l'un près de l'autre, quelquefois dans la même île, de sorte que leur apparition, ainsi que j'en ai déjà fait la remarque, n'est pas liée à des directions déterminées.

La plupart des andésites à hypersthène qui viennent d'être énumérées avaient été décrites dans ma »*Topographische en geologische beschrijving van Zuid-Sumatra*" comme des andésites à *augite*, changement de dénomination dont je dois donner les raisons.

Dans la description microscopique des nombreuses andésites à augite du Sud de Sumatra, et aussi dans celle des andésites de la Côte ouest de Sumatra (*Topographische en geologische beschrijving van een gedeelte van Sumatra's Westkust*), on trouve presque toujours noté, à propos de la description de l'augite, que parmi les sections de ce minéral il y en a de pléochroïques et de non pléochroïques; ces dernières, ordinairement vertes, montrent entre les nicols croisés des angles d'extinction très obliques; les premières, pléochroïques entre les teintes brunes et vertes, montrent le plus souvent une extinction parallèle. Conformément à l'opinion alors généralement admise, et défendue notamment par M. Rosenbusch dans sa *Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine*, p. 410 et 411, j'avais toujours attribué les sections pléochroïques à la zone oP: ∞P$\bar{\infty}$, d'un pyroxène monoclinique, tandis que les sections vertes non pléochroïques auraient appartenu à la zone oP: ∞P$\grave{\infty}$. Mais, l'étude des pyroxènes de la cendre rejetée en 1883 par le Krakatau montre qu'ils se rapportent à deux espèces, un pyroxène brun, orthorhombique, pléochroïque, et un pyroxène vert, monoclinique, non pléochroïque. Les cristaux bruns isolés se distinguent déjà des augites vertes par leur forme cristalline; lorsqu'on les pose sur un des pinacoïdes, et qu'on les considère au microscope entre des nicols croisés, ils éteignent parallèlement aux côtés longs; si alors on les tourne de 90°, de manière qu'ils viennent à reposer sur l'autre pinacoïde, ils montrent encore l'extinction parallèlement aux côtés longs, preuve évidente qu'on n'a pas affaire à un cristal monoclinique.

Le pléochroïsme de ces pyroxènes orthorhombiques, qui d'ailleurs, en ce qui concerne la microstructure, — transparence, nature des cristaux inclus, etc. — ressemblent tout à fait à des augites brunes fraîches, est très fort; ils sont verts lorsque la lumière vibre suivant l'axe principal, bruns et brun-rougeâtre lorsqu'elle vibre perpendicu-

lairement à cet axe. Si toutefois on taille ces cristaux en lames minces pour l'étude microscopique, le pléochroïsme, cela va sans dire, s'affaiblit, bien qu'il reste toujours distinct; la couleur des cristaux en lames minces est alors, à la lumière naturelle, jaune clair et brun-verdâtre clair, et ils ressemblent si complètement aux sections pyroxéniques jaunes qui se voient dans les préparations des plus jeunes comme des plus anciennes andésites et roches vitreuses de Krakatau, qu'on peut hardiment rapporter ces sections à la même espèce que les cristaux bruns de la cendre. Le pleochroïsme intense de ces cristaux et leur forte teneur en fer (voir plus loin) me portent à leur appliquer, non pas le nom de bronzite, mais celui d'*hypersthène*; et puisque la proportion du pyroxène brun, dans toutes les andésites de Krakatau, est beaucoup plus élevée que celle de l'augite verte, ces roches appartiennent à *l'andésite à hypersthène*.

La révision, faite à ce point de vue, des roches volcaniques du détroit de la Sonde, du Sud de Sumatra, de la Côte ouest de Sumatra et de quelques-unes de Java, montra bientôt que la très grande partie de ces roches contiennent, outre l'augite verte, de l'hypersthène brune; dans les vraies andésites, l'hypersthène est en général prédominante, comparé à l'augite; lorsqu'un peu d'olivine apparaît dans la roche, la teneur en hypersthène s'abaisse notablement, et dans les basaltes riches en olivine il n'existe ordinairement plus que de l'augite monoclinique. L'hypersthène et l'olivine paraissent donc, dans une certaine mesure, s'exclure réciproquement, et nous trouvons ici une différence nouvelle et, à ce qu'il me semble, constante, entre l'andésite et le basalte. Dans la première de ces roches, la pauvreté en chaux (6% en moyenne) trouve donc son expression dans la formation prédominante de feldspaths pauvres en chaux (andésine, oligoclase) et d'hypersthènes pauvres en chaux ou sans chaux; chez les basaltes, l'abondance de la chaux (12% en moyenne) se manifeste par la formation de feldspaths riches en chaux (anorthite, labrador) et d'augites riches en chaux.

D'après cela, nous obtiendrions pour les roches volcaniques composées de plagioclase et de pyroxène les combinaisons minérales suivantes;

1. *Andésite à pyroxène.* Feldspaths, surtout pauvres en chaux, beaucoup d'hypersthène, peu d'augite, magnétite.
2. *Roches intermédiaires.* Feldspaths, tant pauvres que riches en chaux, peu d'hypersthène, beaucoup d'augite, peu d'olivine, magnétite.
3. *Basalte.* Feldspaths riches en chaux, beaucoup d'augite (souvent, seulement à l'état de microlithes dans la pâte), beaucoup d'olivine, magnétite.

Quelques exceptions, toutefois, sont déjà connues; c'est ainsi que, parmi les roches de Krakatau, on trouve une andésite à pyroxène contenant à la fois une très grande quantité d'hypersthène et un peu d'olivine. La roche du cône d'éruption qui s'élève aujourd'hui dans le cratère du Merapi, volcan de la partie centrale de Java, est une andésite sans olivine, mais avec beaucoup plus d'augite que d'hypersthène. D'autres exceptions seront sans doute trouvées, à la suite de nouvelles recherches, tant parmi les andésites des Indes que parmi celles de l'Europe et de l'Amérique. Mais il est certain que dans les andésites indiennes *l'hypersthène* est le bisilicate le plus répandu, celui qui prédomine, de sorte que le nom d'andésite à hypersthène est plus exact que celui d'andésite à augite; si l'on veut exprimer que dans ces roches entrent à la fois du pyroxène orthorhombique et du pyroxène monoclinique, on peut employer la dénomination plus générale *d'andésite à pyroxène.*

Dans les plaques minces, l'hypersthène se reconnaît non seulement à sa couleur et à son pléochroïsme prononcé, mais aussi à la pâleur de ses teintes de polarisation entre les nicols croisés, teintes qui sont par exemple beaucoup moins vives que dans les sections augitiques de même épaisseur. Ce caractère distinctif entre l'augite et l'hypersthène (bronzite) paraît avoir été signalé pour la première fois par M. F. Becke (Tschermak, *Mineral. Mittheil.*, t. V, 1883, p. 527—529). La figure d'interférence est aussi, bien entendu, différente; mais, dans les plaques microscopiques des roches, il est naturellement rare que cette figure apparaisse avec une netteté suffisante. Enfin, les sections hypersthéniques présentent très souvent, les sections augitiques seulement par exception, l'extinction parallèle, ou presque parallèle, entre

les nicols croisés. Il va sans dire que lorsque le plan de section fait dans l'hypersthène un angle avec chacun des trois axes, les sections du minéral orthorhombique aussi éteignent obliquement par rapport aux côtés longs; l'angle d'extinction reste toutefois petit même pour des positions assez obliques du plan de section, et le maximum de l'extinction chez l'hypersthène ne peut jamais acquérir les valeurs du maximum de l'extinction chez l'augite. Pour le pyroxène orthorhombique les *petits* angles d'extinction sont donc la règle, pour le pyroxène monoclinique ce sont les *grands* angles d'extinction.

Le volcan Krakatau est entouré de tout côté par la mer et ne laisse rien voir de la base solide sur laquelle il repose. Toutefois, les fragments de matières, tant sédimentaires qu'éruptives, complètement étrangères au volcan, qui ont été rejetés pendant l'éruption de 1883, appartiennent aux mêmes roches que nous avons vues ci-dessus se trouver dans les îles et sur les côtes du détroit de la Sonde, d'où nous pouvons conclure à l'existence d'un substratum de même nature.

Les fragments de roches *sédimentaires* consistent en argilites et en grès, soit calcarifères, soit dépourvus de chaux, qui sont formés par l'agglomération de détritus volcaniques. Dans tous on trouve, quoique en quantité très variable, le produit du Krakatau, le verre poreux, ou ponce.

Ces matières appartiennent donc à un dépôt diluvien ou moderne déjà consolidé, à une formation de tuf néo-volcanique.

Dans quelques-unes de ces matières on remarque spécialement des concrétions riches en chaux, de forme sphérique, ellipsoïdale ou irrégulière, qui se rencontrent aussi, isolées de la roche ambiante, à la surface du sable ponceux; *dans* ce sable, je ne les ai pas trouvées, de sorte qu'elles doivent avoir été éjaculées lors d'une des dernières éruptions.

Aux matières *éruptives* tout à fait étrangères à la constitution du volcan Krakatau appartiennent des fragments d'*andésites*, semblables à certaines roches éruptives miocènes de l'Ouest de Java. Assez souvent ils sont altérés et transformés en une masse blanche, et ordinairement ils contiennent de petits cristaux de pyrite, qui s'y

remarquent déjà à l'oeil nu, sous forme de points jaunes brillants. La pyrite qui se trouve en faible quantité dans la cendre de 1883 (voir plus loin) provient très probablement de ces matières.

De ce qui précède, nous pouvons donc conclure que la base du volcan Krakatau, et d'une manière plus générale tout le fond du détroit de la Sonde, sont essentiellement formés de roches éruptives miocènes, recouvertes par des couches horizontales de sediments marins diluviens et modernes, dont les matériaux proviennent des volcans actuels du détroit de la Sonde. Aucun débris de roches sédimentaires tertiaires ou plus anciennes n'a été amené au jour par le volcan.

EXAMEN MACROSCOPIQUE ET MICROSCOPIQUE DES ROCHES DU KRAKATAU.

Cet examen a éte fait en collaboration avec M. l'ingénieur des mines J. W. Retgers.

1. Roches de la première période.

Andésite à hypersthène.

Les bancs de lave, qui constituent la majeure partie de notre ancienne enceinte de cratère, sont principalement formés d'une andésite finement cristalline, gris clair ou gris brunâtre, qui *à l'oeil nu* montre des cristaux clairs de feldspath et quelques petits prismes foncés de pyroxène, englobés dans une pâte fine, dont les éléments ne se laissent pas discerner. Dans cette lave on peut distinguer deux variétés différentes, une variété *compacte,* qui possède parfois des teintes plus foncées et contient ordinairement peu de cristaux de tridymite, et une variété *poreuse,* généralement très riche en tridymite. Ce minéral se trouve, à *Verlaten-eiland,* en partie dans de petites cavités, en partie sur les joints de fissure rouge brique, qui divisent la roche en plaques de faible épaisseur.

À *Lang-eiland*, où la lave est également divisée en plaques, la tridymite tapisse les parois de cavités plus grandes, qui atteignent un diamètre de 5 à 10 millimètres; au pourtour de ces cavités, la roche est parfaitement saine et fraîche, de sorte qu'elles ne peuvent être attribuées à un phénomène d'altération et de dissolution, mais doivent être regardées comme des soufflures originelles, produites, au moment de la solidification de la roche, par les gaz et la vapeur d'eau contenus dans la masse demi-fluide.

Les *cristaux de tridymite* se présentent sous la forme de lamelles simples, hexagonales, limpides, et sous celle de tables mâclées par deux et par trois bien connues, mesurant tout au plus 1 millimètre, mais généralement plus petites. Parfois les cristaux sont colorés en brun à leur surface, par un mince enduit d'oxyde de fer hydraté.

Outre la tridymite, on trouve dans les cavités quelques aiguilles d'*amphibole* foncée, extrêmement minces, filiformes, reconnaissables au pléochroïsme et à la forte absorption.

Un troisième minéral qui se rencontre, quoique très rarement, dans ces cavités, c'est le *quartz*, en petits cristaux limpides, où l'on a observé, outre le prisme hexagonal ordinaire et la pyramide, quelques rhomboèdres plus aigus.

Les nombreuses cavités tapissées de tridymite, qui existent dans l'andésite de Lang-eiland, dénotent que, pendant la lente solidification de cette roche, de la vapeur d'eau ou d'autres gaz se sont rassemblés en bulles; en supposant ces bulles simplement composées de vapeur aqueuse, l'eau provenant de la condensation de cette vapeur aurait, sans doute, attaqué la roche encore chaude et dissous de l'acide silicique et quelques autres matières; mais si l'on considère la *quantité très minime* d'eau qui aurait pu se former dans les cavités par suite de la condensation des bulles de vapeur, et la quantité également très faible d'acide silicique que cette eau aurait pu dissoudre, on jugera très improbable que la tridymite se soit déposée, comme produit de cristallisation, d'une solution aqueuse; elle est en quantité beaucoup trop considérable pour avoir eu une pareille origine.

J'incline donc plutôt à penser que la tridymite a été formée par

la décomposition de composés siliciques volatils, et comme tels le chlorure de silicium et le fluorure de silicium se présentent les premiers à l'esprit, vu que des chlorures et des fluorures existent dans l'eau de mer et doivent par conséquent, lorsque celle-ci pénètre par infiltration jusqu'au réservoir de lave, venir en contact avec la roche fondue. On doit admettre que ces combinaisons volatiles de silicium et aussi d'un peu d'aluminium, de magnésium, de fer, etc., étaient dissoutes comme gaz dans la masse fondue, qu'elles se réunirent en bulles lors de la coagulation de la roche, et qu'au contact de l'eau il se fit une décomposition, par suite de laquelle de l'acide silicique se déposa sous forme de tridymite, en même temps qu'une très petite quantité de silicates cristallisa à l'état d'amphibole. Cette hypothèse concernant le mode de formation est applicable non-seulement à la tridymite des *cavités* de la roche de Lang-eiland, mais aussi à celle des *fissures* de la roche de Verlaten-eiland: dans ce dernier cas la tridymite peut difficilement être regardée comme déposée d'une solution aqueuse, car la vapeur d'eau se serait échappée par ces fissures, avant d'être condensée en eau et d'avoir dissous de l'acide silicique. En supposant au contraire le silicium transformé en chlorure ou en fluorure, le contact de l'eau doit avoir provoqué immédiatement une décomposition, dans les fissures aussi bien que dans les cavités. Dans l'un et l'autre cas, la formation de la tridymite doit donc avoir suivi de *très près* la solidification de la roche.

Le fait, que dans les roches volcaniques l'acide silicique se trouve si fréquemment sous la forme de tridymite, tient peut-être à ce que, d'une solution aqueuse, cet acide cristallise ordinairement comme quartz, d'une combinaison volatile, ordinairement comme tridymite. La température toutefois peut également jouer un rôle, car on sait qu'une solution aqueuse de silicate de soude est susceptible de donner, à des températures différentes, tant des cristaux de tridymite que des cristaux de quartz (**245**[b]).

Les laves anciennes de la *pointe nord-est de Krakatau* sont en partie compactes, et alors très pauvres en tridymite, en partie criblées de petites cavités, dans lesquelles brillent de jolis petits cristaux de ce minéral.

Au microscope, les variétés compactes et les variétés poreuses donnent à peu près la même image: une pâte, dans laquelle sont dispersés des cristaux de feldspath, d'hypersthène, d'augite et de magnétite.

Les cristaux de *feldspath* sont limpides et inaltérés, ordinairement aussi très purs, car il est rare d'y trouver des inclusions. Quelques-uns des plus gros offrent assez souvent une striure polysynthétique; la plupart toutefois ne sont pas striés, mais ils montrent alors fréquemment deux moitiés de mâcle binaire, ou quelques larges lamelles intercalées. Très rarement nous avons réussi à observer une extinction à peu près égale aux deux côtés de la ligne de mâcle; comme, dans ces cas, on constatait une extinction de 16° à 17°, mais jamais des valeurs plus élevées, de 30° par exemple, on peut seulement en conclure que ce n'est pas un feldspath très basique, mais un feldspath plus ou moins acide, qui joue ici le rôle principal. Quant à la question de savoir *quel* est ce feldspath, elle doit rester indécise, car dans des plaques minces on ne peut déterminer la position du plan de section — qui est ici perpendiculaire à la face $\infty P \breve{\infty}$ — ou plutôt l'angle que le plan de section fait avec la face oP; or, des extinctions de 16° pouvant, pour des positions différentes du plan de section, se rencontrer chez des feldspaths très différents, l'examen optique ne nous fournit pas le moyen de déterminer avec précision l'espèce du feldspath. Même chez des espèces très basiques, le susdit angle d'extinction peut s'observer; mais comme ces espèces donnent, pour *la plupart* des positions du plan de section, des angles plus grands, de sorte que ces angles plus grands sont alors la règle, les angles plus petits l'exception, le manque total de grands angles d'extinction, parmi de nombreuses sections feldspathiques, permet de conclure avec beaucoup de probabilité à l'absence d'un feldspath très basique. Une plaque mince de la roche ayant été soumise pendant deux jours à l'action de l'acide chlorhydrique froid, le feldspath avait conservé toute sa transparence et ne montrait à peu près aucune trace d'altération, ce qui indique également qu'il ne doit pas appartenir à l'anorthite ou à la bytownite, mais au labrador ou à un feldspath encore plus acide.

Parmi les inclusions du feldspath on rencontre rarement un grain de magnétite, des cristaux de pyroxène, des particules de la pâte et des bâtonnets (microlithes) d'apatite, tandis que dans quelques fissures se sont déposées des lamelles d'oxyde de fer brun-rougeâtre, celui-ci, bien entendu, comme produit d'infiltration secondaire.

L'*hypersthène* et l'*augite* entrent tous les deux dans la roche, mais la premiere y prédomine toujours sur la seconde. On est donc en droit de nommer la roche: andésite à hypersthène; toutefois, on peut employer aussi la dénomination plus générale d'andésite à pyroxène, par laquelle sont désignées toutes les andésites qui renferment comme bisilicate à la fois du pyroxène orthorhombique et du pyroxène monoclinique, ou bien l'un des deux seulement.

Dans les lamelles microscopiques, les deux pyroxènes sont faciles à distinguer l'un de l'autre par un assez grand nombre de caractères. En lumière ordinaire, la couleur des sections longitudinales de l'hypersthène (parallèles à $\dot{c}$) varie du brun-verdâtre clair au vert-brunâtre, les sections transversales (perpendiculaires à $\dot{c}$) sont toujours jaune-brunâtre; l'augite, au contraire, donne toujours des sections vertes ou vert-jaunâtre. Cela est en rapport avec les couleurs d'axes, qui chez l'hypersthène sont le vert parallèlement à *c*, le brun parallèlement à *a* et à *b* (1); les couleurs de faces, ci-dessus indiquées, sont naturellement des combinaisons des couleurs d'axes, de sorte que les sections longitudinales doivent offrir une teinte mêlée de vert et de brun, les sections transversales une teinte brune.

Dans l'augite on trouve des mâcles binaires et des lamelles mâclées suivant $\infty P \overset{|}{\infty}$, ce qui naturellement ne peut être le cas chez le pyroxène orthorhombique.

Plus haut, j'ai déjà signalé les caractères distinctifs suivants: le pléochroïsme intense de l'hypersthène; les couleurs de polarisation des lamelles *très minces*, couleurs beaucoup moins vives chez l'hypersthène que chez l'augite; la faible valeur des angles d'extinction de l'hypersthène entre les nicols croisés, angles qui sont égaux à zéro

(1) Dans la suite, a, b et c désigneront toujours les axes cristallographiques, *a*, *b* et *c* les axes d'élasticité.

lorsque le plan de section est parallèle à l'un des trois axes, et qui restent encore petits même lorsque le plan de section fait déjà un angle notable avec ces directions; chez l'augite on n'obtient l'extinction parallèle que lorsque la section a été menée parallèlement à l'axe $\bar{b}$, et dès que la section s'éloigne de cette position, les angles d'extinction acquièrent rapidement des valeurs notables, pouvant aller jusqu'à 45°. (Pour les augites des roches *néo-volcaniques*, M. Wiik a montré »*Zeitschr. für Krystallographie*, t. VIII, 1883, p. 209" que l'extinction sur $\infty P \grave{\infty}$ varie, suivant la richesse en fer, entre $42°\frac{1}{2}$ et 50°; dans les lamelles microscopiques, les angles de 50° font naturellement par suite du manque d'orientation, l'impression de leur complément. Nos sections d'augite donnaient généralement de grands angles d'extinction, de 30° à 45°, et, comme exception, des angles moindre que 30°).

L'hypersthène et l'augite possèdent tous les deux un clivage prismatique; chez l'hypersthène on trouve en outre un clivage pinacoïdal, qui toutefois est moins distinct et manque même parfois.

Les cristaux ont les formes ordinaires: chez les deux pyroxènes, dans la zone verticale, le prisme et les pinacoïdes, ces derniers dominants, le premier subordonné; le pointement en toit indique une terminaison pyramidale.

Parmi les inclusions, on rencontre çà et là, dans les deux pyroxènes, des globules de verre avec bulle d'air adhérente, des petits prismes d'apatite et des grains de magnétite; en général, les pyroxènes sont très purs, frais et intacts.

Les contours sont parfois bordés d'une ligne noire de petits grains de magnétite.

La *magnétite*, comme élément disséminé porphyriquement, est peu abondante; elle se trouve tant à l'état de grains que de cristaux, et parmi ces derniers il y a des mâcles suivant la face de l'octaèdre, reconnaissables à leur angle rentrant. Parfois les cristaux sont traversés d'un petit prisme clair d'apatite. Quelques bandes minces noires paraissent appartenir à l'ilménite. Par suite d'un commencement de décomposition, certaines magnétites possèdent une bordure brune d'oxyde de fer hydraté.

Les *cristaux d'apatite*, sous forme de petits prismes offrant les faces ∞P et P, se rencontrent en petit nombre. Ils contiennent de minces filaments foncés, qu'à un fort grossissement on reconnaît être formés par l'enchaînement de petits aiguilles et de petits points, de couleur noire; ces filaments sont très pléochroïques, noirs lorsque la lumière vibre parallèlement à l'axe principal de l'apatite, bruns lorsque ces vibrations sont perpendiculaires à l'axe.

Pâte. Les cristaux ci-dessus décrits sont disséminés dans une pâte, qui consiste en un verre limpide, ordinairement rempli de microlithes d'augite et de feldspath, de grains de fer oxydulé et de taches brunes d'hydrate d'oxyde de fer, et présentent en outre, çà et là, des parties claires de tridymite.

Dans les variétés compactes de la roche le tissu des microlithes est plus serré et à cristaux plus petits que dans les variétés poreuses, et il y présente, à un grossissement modéré, l'aspect d'un feutrage. Par suite, ce n'est qu'au bord de plaques très minces qu'on peut voir et étudier le verre pur; il est parfaitement isotrope, ainsi qu'on le reconnaît en faisant tourner la plaque entre les nicols croisés.

Les microlithes du feldspath sont un peu plus grands que ceux de l'augite; ils sont complètement limpides, ce qui fait qu'en lumière naturelle ils ne tranchent pas nettement sur la base vitreuse, également limpide; mais entre les nicols croisés ils frappent immédiatement le regard. Parfois ils sont composés de deux moitiés mâclées: les faibles angles d'extinction qu'on trouve alors de chaque côté de la ligne de mâcle, rendent probable que ces microlithes appartiennent à l'oligoclase et sont donc assez acides.

Les microlithes d'augite sont plus petits, de teinte vert pâle, et ordinairement en forme de prismes courts. Ils renferment des grains de magnétite, grains qu'on voit aussi attachés aux extrémités des microlithes d'augite, et isolés en grand nombre entre ces microlithes.

Par altération ces grains se transforment en hydraté d'oxyde de fer, qui est partout répandu dans la pâte, sous forme de petits grains et de petits lambeaux, et qui assez souvent colore en brun les microlithes augitiques. A cet oxyde de fer hydraté est due la couleur

rouge ou brun-rougeâtre que possèdent fréquemment les roches anciennes du Krakatau.

Les microlithes d'augite présentent les uns de grands angles d'extinction, allant jusqu'à 45°, les autres des angles très petits; ces derniers doivent probablement être rapportés à l'hypersthène, bien que, à cause des dimensions extrêmement faibles des cristaux, on ne puisse observer ici aucun pléochroïsme. Cette attribution est d'autant plus probable que, dans des roches récentes du Krakatau, parmi les microlithes de dimensions un peu plus grandes, on a trouvé de l'hypersthène nettement pléochroïque.

Quelques plages limpides de la pâte accusent entre les nicols croisés une légère polarisation, due à une accumulation de lamelles de tridymite, auxquelles on peut parfois reconnaître des formes hexagonales. En général, toutefois, la plus grande partie de la tridymite s'est déposée dans des cavités, et ce minéral ne prend qu'une faible part à la composition de la pâte.

Les cristaux porphyriques ou de première consolidation se sont formés dans l'ordre suivant: apatite; magnétite; augite, hypersthène et feldspath. Vint ensuite la seconde cristallisation, dans laquelle apparurent les petits cristaux (microlithes) de la pâte, de nouveau magnétite, pyroxène et feldspath, le dernier probablement plus acide que celui des cristaux porphyriques. Il resta une petite partie de verre non individualisé. L'hydrate d'oxyde de fer est un produit secondaire.

Roches vitreuses.

Dans l'ancienne enceinte de cratère, des roches vitreuses n'ont été trouvées qu'à Lang-eiland et dans l'ilôt, maintenant disparu, le Poolsche Hoedje, et il faut probablement y voir des produits d'une éruption particulière, limitée. Ce sont des verres noir-verdâtre foncé, ordinairement tout à fait compactes, ou poreux seulement en quelques rares points, et ne contenant que peu de grands cristaux isolés. Sur une cassure transversale on voit des bandes ou couches minces de couleur plus claire alterner avec le verre foncé, ce qui donne à la roche un aspect rayé. L'altération sous l'influence

des agents atmosphériques y fait apparaître la même couleur brun-rougeâtre que prend la roche à tridymite; la transformation s'opère principalement sur les plans parallèles de division, de sorte que la roche est alors composée de couches alternatives de verre noir, à éclat résineux, et de matière altérée, d'un brun terne. Mais en outre, dans le verre lui-même, on trouve des corps arrondis ou oblongs, mesurant de 1 à 4 millimètres, qui ont cette même couleur rouge; lorsque ces corps sont très rapprochés les uns des autres, ils s'unissent parfois en cordons, mais souvent aussi ils se présentent comme des globules isolés dans le verre noir non altéré, sur lequel ils tranchent fortement par leur couleur brune. Si l'on casse un de ces globules par le milieu, on y remarque parfois à la loupe une structure fibreuse-radiée indistincte, tandis que quelques-uns d'entre eux offrent au centre un cristal de feldspath, d'augite ou de magnétite; se sont là d'ailleurs les seuls éléments cristallins reconnaissables à ce grossissement. *Au microscope*, ces roches montrent un verre parsemé de baguettes microlithiques vert pâle, et dans lequel sont disséminés, en petit nombre seulement, de grands cristaux de plagioclase, d'hypersthène, d'augite, de magnétite et d'apatite, ayant les mêmes caractères que les cristaux analogues de la roche à tridimyte. Ici encore, l'hypersthène prédomine sur l'augite, et les roches sont donc des modifications, riches en verre, d'andésite à hypersthène.

Le *verre* de la roche de Lang-eiland est coloré en brun-grisâtre tendre, tandis que celui du Poolsche Hoedje est composé de traînées alternatives d'un verre teinté en brun plus clair et d'un verre presque incolore, traînées qui ont coulé autour des grands cristaux et donnent à la roche une très belle structure fluidale; dans les sections perpendiculaires aux traînées, cette structure ressort encore mieux par la situation des microlithes augitiques vert clair, qui ont ordinairement $0^{mm}.02$ à $0^{mm}.03$ de longueur sur une épaisseur 10 fois moindre, et dont la plupart ont leurs côtés longs dirigés parallèlement aux traînées; dans les sections parallèles aux traînées, les bâtonnets sont jetés pêle-mêle dans toutes les directions, de sorte que la structure fluidale ne s'accuse pas.

Les bâtonnets augitiques, sans pléochroïsme sensible, sont généralement très purs; dans quelques-uns seulement on peut observer un grain inclus de magnétite; des cristaux de magnétite isolés sont répandus, en plus grand nombre, entre les bâtonnets. Enfin on voit encore une multitude de trichites noirs très minces, droits, brisés ou courbés, qui même au plus fort grossissement ne deviennent pas transparents.

Les corps les plus remarquables dans le verre sont les globules; ceux-ci, en section mince, sont d'un brun trouble, par suite de la présence d'une multitude de très fines granulations jaunes et brunes entre les bâtonnets d'augite, également devenus jaunes, qui sont répandus partout et ordinairement eux-mêmes remplis de granulations brunes et noires; on retrouve aussi dans ces globules les trichites de la pâte, mais devenus bruns, translucides, et çà et là noueux. En lumière naturelle, le globule donne donc l'impression de la masse vitreuse ordinaire, dans laquelle les augites, les trichites et les grains de magnétite auraient subi une transformation. Entre les nicols croisés, toutefois, on reconnaît que la masse claire interposée entre les microlithes n'est nullement isotrope, mais qu'elle montre une polarisation légère, irrégulièrement tachetée et penniforme. En prenant d'abord un objectif faible, de manière à embrasser l'ensemble d'un globule, on distingue nettement dans quelques-uns d'eux un groupement radié de ces particules à polarisation plumeuse; chez la plupart, toutefois, ce groupement est confus ou manque tout à fait; nulle part n'a été observée une croix noire d'interférence; à des grossissements plus forts, la disposition radiée des fibres est également peu apparente. Les globules appartiennent donc aux *felsosphérites*, ce mot étant pris dans l'acception que lui donne M. Rosenbusch. La nature propre des particules polarisantes — quartz, feldspath ou même verre devenu biréfringent par tension — ne saurait être déterminée; entre ces particules polarisantes on n'a pas pu découvrir, dans les sphérolithes, du verre isotrope ou dévitrifié felsitiquement.

La couleur brun-rougeâtre, qui est tout à fait la même que sur les plans de division de la roche, où une transformation de la

magnétite par des liquides circulants est très probable, peut, dans les globules aussi, être un phénomène secondaire; pourtant, ils sont quelquefois complètement isolés dans le verre intact, et alors on ne comprend pas bien comment les liquides ont pu opérer une transformation des petits cristaux dans les globules, sans attaquer en même temps la masse vitreuse ambiante et ses microlithes.

On ne saurait, pour cette raison, rejeter comme impossible l'hypothèse du dépôt primaire du pigment brun.

Les globules, aussi bien que les bandes rouges de la roche, seraient donc à considérer comme des différenciations cryptocristallines de la masse vitreuse amorphe.

Matériaux des couches de lapilli.

Les couches de matières meubles, qui au pied nord du Rakata recouvrent les coulées de lave ancienne et sont à leur tour recouvertes par les roches basaltiques du Pic, consistent principalement en une fine cendre grise d'andésite à hypersthène, dans laquelle gisent épars de nombreux fragments solides.

De ces fragments, qui dépassent rarement le volume de la tête, quelques-uns ont été examinés au microscope. Parmi ceux-ci on a rencontré des *andésites à hypersthène*, à pâte foncée; vues au microscope, elles présentent les grands cristaux (ou de première consolidation) ordinaires, enclavés dans une pâte remplie de microlithes, entre lesquels se trouve une base vitreuse brune.

Quelques *roches grises très altérées* avaient déjà subi une transformation si profonde qu'elles ne se laissaient plus déterminer avec certitude. Sous le microscope on y voit du feldspath et de l'augite, disséminés dans une pâte devenue trouble par altération et contenant beaucoup de microlithes feldspathiques; éléments secondaires: zéolithes, chlorite, quartz et fer oxydé hydraté. Comme de pareilles roches très altérées ne se rencontrent pas parmi les produits du Krakatau, on a probablement affaire ici à un fragment éjaculé d'andésite augitique tertiaire ou de basalte tertiaire.

2. Roches de la seconde période.

A la seconde période se rapportent seulement les basaltes du pic Rakata. Les basaltes épanchés en coulées de lave sont ordinairement pourvus à la surface supérieure et inférieure d'une croûte poreuse et le plus souvent rouge-brunâtre, tandis qu'au milieu ils sont plus compactes. La plupart des laves, toutefois, présentent aussi des cavités en leur milieu, mais la dimension de ces cavités varie de $^1/_2$ ou 1 millimètre à $1\,^1/_2$ centimètres, de sorte que les laves diffèrent beaucoup entre elles par l'aspect extérieur.

Le basalte des filons, au contraire, est ordinairement tout à fait compacte, sans bulles, ce qui doit sans doute être attribué à ce que la vapeur d'eau et les autres gaz inclus n'ont, à cause de la haute pression, pu s'échapper de la masse fondue s'élevant dans d'étroites crevasses, tandis que ce dégagement était possible dans la lave qui s'écoulait librement et où la pression était en conséquence considérablement réduite.

La couleur des basaltes varie du gris clair au gris foncé, ce qui est en rapport avec la quantité plus ou moins grande de verre granuleux, ainsi que nous l'apprend l'examen microscopique.

A l'oeil nu on ne voit, dans une pâte grise, que des cristaux clairs et striés de feldspath et quelques grains d'olivine jaune-verdâtre; ces derniers ont souvent pris, à la surface et dans les fissures, des teintes bleu d'acier ou jaune d'or, occasionnés par un léger enduit d'oxyde de fer.

Au microscope, la roche des filons ne diffère pas notablement du basalte en coulées, de sorte qu'on peut les décrire simultanément.

La pâte ne renferme, comme grands cristaux, que du plagioclase et de l'olivine; bien que ne manquant jamais dans les échantillons macroscopiques, les grains d'olivine sont si parcimonieusement disséminés dans certaines variétés, que les plaques minces en sont parfois totalement dépourvues, ou n'en contiennent qu'un ou deux. Dans d'autres variétés de basalte l'olivine est plus abondante, quoiqu'elle y entre toujours en quantité beaucoup moindre que le

feldspath. L'augite ne se rencontre qu'exceptionnellement parmi les cristaux porphyriques; de même que la magnétite, elle est ordinairement refoulée dans la pâte.

Les grands cristaux de *feldspath* sont presque tous très finement striés, généralement dans une seule direction, parfois aussi dans deux directions, qui se croisent sous un angle à peu près droit. Chez ceux des cristaux qui produisent une extinction égale de part et d'autre de la ligne de mâcle, on rencontre le plus souvent de grands angles d'extinction, de 30° à 40°, de sorte qu'on a indubitablement affaire ici à un feldspath très basique, à l'anorthite ou à la bytownite.

Quelques plaques pas trop minces furent traitées, pendant une couple de jours par l'acide chlorhydrique concentré, puis examinées au microscope. Les grands cristaux de feldspath avaient été fortement attaqués, avec séparation d'acide silicique amorphe; entre les nicols croisés cette gelée restait obscure, tandis que les petits feldspaths non attaqués de la pâte présentaient de vives couleurs de polarisation et sont donc manifestement plus acides. Après qu'on eut enlevé la silice au moyen de la potasse caustique, le basalte offrait des trous partout où primitivement il y avait eu des cristaux de feldspath. D'autres plaques furent déposées dans une solution de fuchsine, puis soumises à une longue ébullition avec l'eau; la gelée siliceuse se montra alors pénétrée de la matière colorante rouge, les parties feldspatiques non attaquées étaient seules restées incolores.

Les inclusions du feldspath, qui en général est très pur, se réduisent à quelques grains d'olivine, cristaux de magnétite et particules de verre granuleuses et foncées, lesquelles ont parfois des contours rectangulaires et parfois aussi sont alignées en file.

Les fissures du feldspath sont tapissées çà et là de pellicules rouges d'oxyde de fer.

L'*olivine* se présente en grains irréguliers et en cristaux nettement limités, qui dans les sections transversales et dans les sections à peu près parallèles au brachypinacoïde ont un contour rhombique, parfois tronqué par des pinacoïdes, tandis que dans les sections

sensiblement parallèles au macropinacoïde ils montrent des contours rectangulaires.

Parmi les nombreuses fissures de l'olivine prédominent celles qui dans les sections transversales sont parallèles à la courte diagonale des rhombes; cela concorde avec le clivage brachydiagonal connu de l'olivine. Dans les sections, également rhombiques, parallèles au brachypinacoïde, ces fissures ne sont naturellement pas visibles.

Les couleurs de polarisation de l'olivine sont très vives, même dans des plaques très minces; alors que les feldspaths ne montrent que du bleu pâle ou du blanc du 1[er] ordre, les sections de l'olivine, d'un vert extrêmement pâle ou presque incolores, donnent encore de brillantes couleurs entre les nicols croisés.

Comme inclusions, on rencontre quelques grains et octaèdres de spinelle, verts par transparence, de la magnétite et des particules de verre. L'olivine est, en général, très fraîche, sans altération; rarement on remarque dans quelques fentes un commencement de décomposition, avec production de serpentine. Sur les parois des fissures et à la surface des grains s'étend parfois une mince pellicule d'oxyde de fer, qui donne lieu à la couleur bleu d'acier que l'olivine présente, comme nous l'avons déjà dit, dans les échantillons de basalte, à la lumière incidente. L'hématite ne paraît pas être ici un produit de décomposition de l'olivine, mais, de même que dans le feldspath complètement dépourvu de fer, le résultat d'une infiltration.

La *pâte* donne au microscope une image différente, suivant qu'elle contient peu ou beaucoup de base vitreuse. Il y a des basaltes dont la pâte se montre presque entièrement composée de petits rectangles de feldspath, de grains d'augite et de magnétite, tandis que çà et là seulement on découvre, entre les particules cristallines, un peu de verre granuleux brun ou noir. Dans d'autres basaltes, le verre granuleux noir est très abondant et les granules sont parfois si serrés que la base vitreuse ne devient transparente que dans les parties les plus minces de la plaque, ou dans les inclusions ténues du feldspath. Dans d'autres encore, les petits feldspaths s'effacent entière-

ment; il ne reste alors que de grands cristaux de feldspath et d'olivine, avec des grains plus petits d'augite et de magnétite et plus on moins de base vitreuse interposée. L'olivine ne prend aucune part à la composition de la pâte. Les angles d'extinction des microlithes feldspathiques sont ordinairement très petits et indiquent l'oligoclase ou l'andésine, indication confirmée par le peu d'action que les acides exercent, comme nous l'avons vu, sur ces microlithes. L'augite, de couleur vert pâle, présente de grands angles d'extinction, de 30° à 45°; on n'y découvre pas de pléochroïsme.

La roche de l'une des minces veines basaltiques est la seule où j'aie rencontré, au microscope, un minéral altéré, fibreux, trouble, jaune-citron, formant des grains cristallins irrégulièrement limités, dont quelques-uns seulement ont un noyau jaune clair non altéré, qui alors polarise légèrement; le minéral transformé, fibreux ou parfois grenu, montre une faible polarisation d'agrégat. On trouve ces grains jaunes tant dans l'olivine que dans le feldspath et isolés, mais jamais dans la pâte proprement dite. On ne peut confondre le mineral avec un produit de décomposition de l'olivine, car les cristaux de l'olivine sont parfaitement frais et intacts; c'est probablement de la *mélilithe,* bien que la substance ne s'accorde pas entièrement avec celle qui m'est connue par des roches à mélilithe d'Europe.

Dans ce même basalte à mélilithe se trouvent, comme produit secondaire, des agrégats radiés d'aragonite incolore; les baguettes un peu grosses laissent voir de petits prismes à six pans avec troncature plane ($\infty P \infty$, $P\breve{\infty}$, oP), qui entre les nicols croisés montrent une extinction parallèle. Le clivage rhomboédrique, propre à la calcite, manque.

Dans l'acide chlorhydrique le mineral se dissout avec une vive effervèscence; ajoute-t-on de l'acide sulfurique à la dissolution, on voit se former immédiatement les petites aiguilles caractéristiques du gypse, à extinction très oblique, parfois mâclées en croix, à angle aigu.

L'ordre de succession dans la production des mineraux du basalte est: picotite, magnétite et mélilithe; olivine et anorthite; ensuite les minéraux de la pâte: augite, feldspath et magnétite.

3. Roches de la troisième période.

Le petit nombre d'échantillons de laves que nous possédons de la partie centrale, aujourd'hui disparue, du volcan, et qui proviennent des cratères Danan et Perboewatan, ressemblent beaucoup, pour la plupart, aux andésites à hypersthène plus anciennes de l'enceinte du cratère.

La roche du Bootsmansrots consiste en une lave grise divisée en plaques, qui sur leurs joints sont couvertes d'une mince couche altérée, brun-rougeâtre; elle a beaucoup d'analogie avec la lave en plaques de Lang-eiland, à cela près que les cristaux de tridymite y font défaut.

A la partie nord de l'ancienne île de Krakatau — vis-à-vis de Verlaten-eiland — existaient deux laves différentes, une inférieure gris clair à pâte lithoïde, et une supérieure foncée, à pâte vitreuse, abondante, noire, à éclat résineux. Cette dernière lave était recouverte à sa face supérieure d'une croûte très poreuse, botrytique (voir le croquis fig. 30): elle était complètement nue et n'offrait aucun indice d'altération par les agents atmosphériques; je présume que son épanchement datait de l'éruption de 1680, tandis que la lave grise sous-jacente peut avoir appartenu à une éruption plus ancienne du Perboewatan.

Ni l'une ni l'autre de ces laves ne contient une trace de tridymite.

Il a déjà été dit que, précisément sous le sommet Rakata, un filon d'andésite à hypersthène, épais de deux mètres, coupe dans une direction à peu près verticale les couches de basalte. Ce filon, que nous regardons comme une injection du Danan, prolongée en dehors du massif de ce volcan jusque dans le Pic, est composé d'une roche gris clair, dans les cavités de laquelle on trouve, comme produit secondaire, des cristaux de gypse. En décrivant la cendre de 1883, qui contient également du gypse et de l'anhydrite, je parlerai de la formation de ces sulfates. Quelques petits cristaux de tridymite se voient aussi dans ces mêmes cavités.

Dans toutes les laves dont il vient d'être question on distingue à

l'oeil nu des cristaux de feldspath et quelques cristaux de pyroxène, disséminées dans une pâte plus fine.

Le fragment de roche ramassé par M. Schuurman, le 27 Mai 1883, au pied du Perboewatan, est de couleur foncée et contient, dans une pâte presque noire, de grands cristaux ternes de feldspath et quelques grains jaune-verdâtre d'olivine.

Les fragments d'andésite à hypersthène, originaires du manteau ancien du Danan, qui furent éjaculés en 1883, et qui se trouvent maintenant mêlés aux déjections nouvelles dans la partie ouest et sud-ouest de Krakatau, appartiennent à des roches très différentes. Les uns sont gris clair, et ont un aspect très cristallin, dû à une multitude de cristaux de feldspath et d'augite; d'autres possèdent une pâte foncée, vitreuse ou à éclat résineux, tout comme la lave foncée du Perboewatan; d'autres encore sont remarquables par des cavités, sur les parois desquelles s'est déposée de la tridymite, tandis que l'intérieur est rempli, totalement ou en partie, de rhomboèdres de dolomie, blancs ou parfois jaunes à la surface; les lamelles de tridymite sont enveloppées par la dolomie, de sorte que la formation de ce minéral doit avoir eu lieu postérieurement à celle de la tridymite.

Les cristaux de dolomie bruns sont revêtus d'une très mince pellicule d'oxyde de fer, qui donne à leur surface de belles teintes irisées, d'un éclat métallique; en cassant ces cristaux, on découvre le minéral incolore.

Les cristaux présentent le rhomboèdre primitif, aux faces ordinairement un peu convexes, reconnaissable au clivage rhomboédrique parallèle à ses faces. Les arêtes culminantes sont en général tronquées par le premier rhomboèdre obtus (rhomboèdre inverse primitif), $-\frac{1}{2}R$. La surface des cristaux est un peu rugueuse, ce qui provient de sous-individus faisant légèrement saillie, comme on le reconnaît au microscope.

Par voie microchimique, la chaux et la magnésie ont été décelées dans ce minéral de la manière suivante. Dans l'acide chlorhydrique froid une effervescence se produit d'abord, mais cesse bientôt. A chaud, la dissolution du mineral s'effectue rapidement et complètement, accompagnée d'une effervescence très vive.

Si quelques gouttes de cette dissolution sont mises en contact, sur un verre porte-objet, avec une solution ammoniacale de sel de phosphore (NH_4NaHPO_4), il se produit, outre un abondant précipité caséiforme et faiblement polarisant de $Ca_3P_2O_8$, un grand nombre de cristaux distincts de Mg $(NH_4) PO_4 + 6H_2O$, reconnaissables à la forme en cercueil (cristaux hémimorphes de struvite) et à leurs mâcles suivant ∞P, en forme d'ailes de moulin; ces cristaux sont d'ailleurs accompagnés des nombreuses autres formes décrites et figurées par M. HAUSHOFER (dans GROTH, *Zeitschrift für Krystallographie*, t. IV, p. 43 et pl. II). Un léger précipité brun trahit en même temps la présence d'un peu de fer. Une goutte d'acide sulfurique étendu fait directement apparaître dans la dissolution chlorhydrique les petits prismes caractéristiques du gypse, qui éteignent sous de grands angles et sont souvent mâclées à angle aigu.

Par sa non-solubilité dans l'acide chlorhydrique froid, sa solubilité avec effervescence dans l'acide chaud, sa teneur en magnésie et en chaux, sa forme cristalline et son clivage, le minéral est suffisamment caractérisé comme dolomie.

Tous les fragments dont il vient d'être parlé consistent en andésite à hypersthène, et, vu qu'ils diffèrent beaucoup des roches de 1883, nous les considérons comme des produits plus anciens du Danan, qui ont été entraînés lors de la dernière éruption. Il est remarquable que parmi les fragments on trouve si peu de basalte; c'est une preuve que la partie disparue du Pic n'a pas été projetée, mais s'est effondrée.

Au microscope, les roches de cette période offrent moins de différences dans les grands cristaux que dans la pâte.

Comme *éléments porphyriques* on trouve partout du plagioclase, de l'hypersthène, de l'augite, de la magnétite et le plus souvent aussi de l'apatite pulvérulente; ces cristaux renferment toutes les inclusions que nous avons déjà fait connaître en décrivant les andésites à hypersthène les plus anciennes. L'hypersthène est toujours plus abondant que l'augite; dans les roches olivinifères de M. SCHUURMAN, l'augite devient même très subordonnée, ce qui est une *exception* parmi

les roches à olivine, ordinairement riches en augite et pauvres en hypersthène.

La pâte contient toujours un grand nombre de microlithes feldspatiques et augitiques, des grains de magnétite, de petits lambeaux d'hématite, ceux-ci parfois en tables hexagonales, et plus ou moins de verre. Les roches qui déjà à l'oeil nu présentent une pâte d'éclat rèsineux sont les seules où l'on trouve *beaucoup* de verre, lequel est parfois limpide, parfois granuleux et brun clair ou noir foncé. La pâte de la roche hypersthénique olivinifère renferme, outre les microlithes de feldspath et d'augite, une quantité exceptionnellement grande de petits cristaux de magnétite, qui sont déposés principalement dans les microlithes augitiques, ou bien y sont attachés à l'extérieur; la base vitreuse, largement représentée, est brun foncé, ce qui, joint aux nombreux grains de magnétite, produit la couleur foncée de cette roche.

Les minéraux — tridymite, gypse, dolomie — qui tapissent les cavités de quelques roches, ne se rencontrent pas dans les plaques minces, parce qu'ils se brisent pendant la taille; l'olivine de la roche de M. Schuurman s'y trouve en grains si clair-semés, que souvent les plaques ne contiennent pas non plus ce minéral.

Le résultat de notre examen est que les andésites à hypersthène de la troisième période sont tantôt pauvres, tantôt riches en verre, et ressemblent en général beaucoup à celles de la première période; la tridymite, toutefois, en est absente, sauf de la roche en filon cidessus décrite, qui contient en outre du gypse.

4. Les roches de 1883.

Parmi les produits de 1883 on ne trouve que de la ponce, de la cendre et des roches vitreuses compactes; les deux premières forment au moins 95% de la quantité totale des matières rejetées, et il reste tout au plus 5% pour les roches vitreuses compactes et les quelques débris de l'ancien volcan et du sous-sol.

Les *roches vitreuses* possèdent toutes une couleur foncée, variant du noir au gris-brunâtre, et ne montrent dans la masse vitreuse que

de grands cristaux de feldspath clair, mesurant en moyenne 1 millimètre, et quelques cristaux de pyroxène. D'après l'éclat, les verres volcaniques se laissent diverser en deux espèces, ceux qui présentent un éclat résineux terne, et ceux qui possèdent un éclat vitreux vif. Pour les distinguer, on peut donc appeler les premiers, d'après l'aspect extérieur, *rétinite*, les seconds *obsidienne*, au moins s'il est permis d'étendre le nom »*rétinite*" à des roches vitreuses anhydres; aucun de ces produits vitreux ne contient, en effet, de l'eau en quantité notable: à la chaleur rouge, les obsidiennes ne perdent que très peu de leur poids (environ 1%), les rétinites ne perdent presque rien.

En éclats minces, la rétinite reste opaque, l'obsidienne devient translucide, brun clair.

Chauffées au chalumeau, ces deux roches se comportent d'une manière très différente.

La rétinite noire ne se boursoufle pas, décrépite et est difficilement fusible. L'obsidienne, au contraire, se boursoufle fortement et forme bientôt une ponce très poreuse, qui se fritte sur les bords et qui ressemble tout à fait, même au microscope, à la ponce ordinaire du Krakatau. Bien que la perte de poids soit minime, ce boursouflement ne peut provenir que du dégagement de vapeur d'eau et peut-être d'autres gaz, que l'obsidienne en se solidifiant rapidement a emprisonnés, soit sous forme de petites bulles, soit chimiquement unis aux silicates, soit à l'état de dissolution ordinaire. L'examen microscopique nous apprend toutefois que le verre ne présente pas de pores à gaz, ou n'en présente que très peu et de dimensions excessivement petites, de sorte que l'eau et les gaz ne se trouvent pas dans la masse en petites bulles séparées; la »dissolution" de gaz et de vapeur d'eau se laisse très bien concevoir tant que la roche est fluide, mais moins bien après la coagulation de la masse; ce qui me paraît donc le plus probable, c'est que l'eau incluse est combinée chimiquement aux silicates.

Il est digne de remarque aussi que l'obsidienne fond d'abord beaucoup plus facilement que la rétinite, d'où l'on peut tirer la conséquence

que le magma lithoïde saturé de vapeur d'eau, dans le cratère, possède un point de fusion beaucoup plus bas que celui des roches qui en proviennent.

Pour faire comprendre le mode de formation différent de ces deux espèces de roches vitreuses, je dois faire mention dès à présent de la différence de composition microscopique. La pâte des rétinites ternes est presque entièrement microcristalline et consiste en un feutrage très fin de microlithes, entre lesquels ne se voient que de faibles restes de verre isotrope. La pâte des obsidiennes, au contraire, est composée d'un verre isotrope presque pur, dans lequel ne sont disséminés qu'un petit nombre de microlithes.

Quelques roches vitreuses gris brunâtre, qui possèdent un éclat vitreux moins vif et sont donc, sous ce rapport, intermédiaires entre la rétinite et l'obsidienne, ne se boursouflent que faiblement quand on les chauffe, et montrent au microscope une pâte qui contient beaucoup de verre isotrope, mais en même temps un grand nombre de bâtonnets microlithiques, quoique ce nombre soit toujours beaucoup moindre que dans les rétinites. Il n'existe donc pas seulement une relation entre l'éclat et la nature plus ou moins cristalline de la pâte, — ce qui est naturel, — mais aussi entre le boursouflement plus ou moins fort, conséquence de la teneur plus ou moins grande en eau, et la séparation plus ou moins abondante des microlithes dans le verre.

A Krakatau même et à Verlaten-eiland, où ces débris de verres volcaniques se rencontrent principalement, les fragments de rétinite sont toujours *sans* croûte poreuse, tandis que la surface des obsidiennes est presque constamment criblé de pores et d'aspect ponceux. De là aussi on peut conclure qu'au moment de la solidification la rétinite ne contenait plus d'eau, mais que l'obsidienne en renfermait encore; partout où cette eau put se dégager, à la surface, la roche devint poreuse, tandis que la masse intérieure se coagula en verre compacte.

Le verre ponceux est, tout comme l'obsidienne, pauvre en microlithes.

Dans quelques grosses bombes, qui s'etaient brisées, on trouva

l'inverse, c'est-à-dire que la partie poreuse intérieure était entourée d'une croûte vitreuse compacte. Cette croûte ne formait pas une enveloppe fermée, mais était partout déchirée et divisée en morceaux; cela rend probable que la bombe avait primitivement des dimensions moindres et que, en devenant poreuse au centre, elle prit un volume plus grand, d'où résulta la rupture de la croûte vitreuse. Les fragments vitreux possèdent d'ailleurs toujours, au côté extérieur aussi, une mince croûte ponceuse.

En tenant compte des faits mentionnés, on peut admettre comme très probable que la *rétinite* formait la partie supérieure du contenu du cratère. Ici, le magma perdit peu à peu sa teneur en eau; la roche, dans laquelle les grands cristaux étaient déjà constitués, resta encore longtemps assez chaude pour conserver un état de demi-fluidité, et les microlithes de la pâte eurent le temps de se séparer; ensuite, la roche fut projetée.

Les *roches intermédiaires* à éclat demi-vitreux, dont il a été question ci-dessus, faisaient probablement aussi partie de la croûte du cratère, mais il leur fut laissé moins de temps pour se refroidir lentement et perdre leur contenu en eau, de sorte qu'un nombre restreint seulement de microlithes purent cristalliser avant la projection.

Les *obsidiennes et les ponces*, enfin, sont des portions du contenu encore complètement liquide du cratère; au moment où elles furent éjaculées, la cristallisation des grands cristaux, ou de première consolidation, dits porphyriques, avait seule déjà eu lieu. La pression se trouvant brusquement diminuée, la vapeur d'eau put s'échapper à la surface, qui par suite devint poreuse, mais bientôt la masse, rapidement refroidie, se coagula en un verre compacte. Celui-ci conserva sa teneur en eau, la ponce poreuse la perdit, mais ni dans l'une ni dans l'autre ne put se produire une cristallisation de microlithes, parce que la solidification eut lieu trop rapidement.

La structure poreuse de la ponce ne paraît donc pas devoir être attribuée à de la vapeur soufflée à travers la lave, vapeur qui détermina, par exemple, la projection de la lave en petites particules (cendre), mais à la vapeur d'eau qui se trouvait dans la

masse fondue elle-même, et qui se dégagea lorsque la pression fut diminuée.

Il convient d'observer qu'on donne ordinairement le nom de »rétinite" aux verres contenant de l'eau, celui d'»obsidienne", aux verres anhydres; à Krakatau, au contraire, ce sont les obsidiennes qui renferment de l'eau, tandis qui les roches à éclat résineux en sont complètement dépourvues. Même dans les obsidiennes, toutefois, la proportion d'eau, ainsi qu'il a déjà été dit, n'est pas forte.

Nous pouvons aussi regarder comme probable que chez beaucoup de roches éruptives la première cristallisation a lieu dans un magma saturé de vapeur d'eau, tandis que la seconde cristallisation s'opère au cours du refroidissement lent du magma anhydre.

Ponce. Comme nous l'avons dit plus haut, la ponce est une roche devenue poreuse par le dégagement de vapeur d'eau, peut-être aussi par celui d'autres gaz, de la masse fondue. Souvent on observe des passages à l'obsidienne, les pores diminuant et finissant par disparaître tout à fait.

La couleur de la ponce est presque toujours le gris clair; toutefois, on rencontre aussi des variétés gris-brunâtre, gris-rougeâtre, gris foncé et même noires. Dans les variétés à teinte claire on voit quelques grands cristaux de feldspath et de pyroxène, ainsi que des grains noirs, qui à la surface des fragments usés et arrondis par l'eau ressortent en relief, à la manière de verrues. Ce sont des parties cristallines, plus dures que la ponce. Les blocs les plus gros, atteignant jusqu'à 1 mètre cube, se trouvent à l'extrémité ouest de Krakatau. Les gros fragments alternent avec de plus petits et avec de très petits, sans aucun ordre. Presque tous les fragments présentent des zones différemment colorées, des traînées blanches ou gris clair alternant avec des parties gris foncé, ce qui montre que la masse ne doit pas avoir été liquide, mais de consistance pâteuse. Par suite de cette distribution de couleurs, les gros blocs ressemblent de loin à des tronçons d'arbre, les traînées simulant plus ou moins sur la section transversale les couches annuelles du bois, quoiqu'elles ne forment pas des courbes fermées.

Les variétés très poreuses doivent au grand nombre de leurs cavités, parfois larges de 3 centimètres, une friabilité telle, qu'elles se laissent facilement écraser sous les doigts.

D'autres variétés, qui ne présentent que de petites cavités, descendant jusqu'aux pores les plus fins, sont beaucoup plus cohérentes.

A cause du grand nombre de ses inclusions et cristaux durs, qui produisent des raies, la ponce de Krakatau n'est guère propre à servir comme matière à polir.

Bien que le verre lui-même ait une densité de 2.38, les bulles dont il est criblé le rendent si léger, que la ponce flotte sur l'eau. Cette propriété fut la cause de graves embarras pour la navigation, dans les premiers temps après l'éruption. Dès le 28 Août, une grande partie du détroit de la Sonde était couverte de ponce, qui bientôt obstrua tellement les baies de Semangka et de Lampong que la navigation y devint tout à fait impossible. Des îles Steers et Calmeyer, que les vagues démolirent peu à peu, arrivaient continuellement, dans les premiers mois après l'éruption, de nouvelles masses de ponce; près des îles, cette ponce flottait en gros fragments anguleux, tandis que les morceaux transportés plus loin étaient fendillés et divisés en fragments plus menus, qui s'arrondissaient par leur frottement mutuel et par le frottement de l'eau.

Ainsi que nous l'avons mentionné dans la 1ère partie de cet ouvrage (voir les relations **56**, **56*** et **57**, page 31), la ponce de l'éruption du mois de Mai a été entraînée jusqu'au sud de Ceylan; le même champ de ponce qui flottait déjà dans ces parages en Juillet et en Août — avant la grande éruption — fut encore rencontré plus tard par différents navires. Après l'éruption des 26 et 27 Août, une nouvelle quantité de ponce paraît s'être dirigée vers l'ouest, bien qu'une très grande partie ait été arrêtée par les baies de Semangka et de Lampong. Lorsque enfin, en Décembre 1883 et en Janvier 1884, les ponces furent chassées de ses baies, cela eut lieu grâce à des vents d'O. et de N. O., qui en transportèrent la plus grande partie vers l'*est*, le long des côtes nord et sud de Java.

La ponce qui flottait au sud de Ceylan provenait donc probablement

en majeure partie de l'éruption de Mai, pour une partie plus petite, de l'éruption d'Août. On pourra juger de la dispersion de cette ponce par les communications suivantes de commandants de navires.

Le navire brémois *Barbarossa* rencontra, le 31 Août, par 7° 5′ Lat. S. et 92° 3′ Long. E. de Greenwich, beaucoup de ponce flottante. Des coquillages s'étaient déjà attachés aux fragments (**246**).

Le 1er Septembre, le *Cléomène*, faisant route vers Calcutta, rencontra, par 0° 58′ Lat. N. et 86° Long. E. de Gr., de grands champs de ponce, à travers lesquels on navigua sur un espace de 450 à 460 milles (**247**).

Le trois-mâts français *Gipsy*, Cap. MARTIN, trouva de la ponce, le 9 Septembre, par 4° 57′ Lat. S. et 79° 46′ Long. E. de Paris (**248**).

Toute cette ponce provenait très probablement de l'éruption du mois de Mai.

Le 23 Octobre, de la ponce doit déjà être arrivée à Durban (Natal) (**248a**).

Le 11 Décembre, le vapeur *Paramatta* P. et O., Cap. BARLOW, allant à Sydney, aborda, par 10° Lat. S. en 92° Long. E. de Gr., un vaste champ de ponce, qui s'étendait sur plus de 5° de latitude; au retour, la ponce fut rencontrée de nouveau, le 1er Février 1884, par 4° Lat. S. et 88° Long. E. de Gr. (**248b**).

Le navire anglais *Umotie*, Cap. C. REEVERS, a même rencontré, en Février 1884, de la ponce par 20° Lat. S. et 70° Long. E. de Gr., ponce qui continua presque jusqu'à l'équateur; d'après le Cap. REEVERS, elle occupait une étendue de 1179 milles marins (**249**).

Le 22 Mars 1884, la ponce arriva à l'île Bourbon (Réunion), dans le port de St. Paul (**249a**).

Le 16 Mai 1884 beaucoup de ponce, en partie revêtue de coquillages, fut pêchée sur la côte est de l'île Mayotte, près de l'extrémité N. O. de Madagascar (**249b**).

Cette ponce paraît donc se déplacer lentement vers le sud-ouest.

La ponce des baies de Semangka et de Lampong, qui fut entraînée, en Décembre 1883 et en Janvier 1884, par des vents d'ouest, a été

transportée à travers tout l'archipel indo-néerlandais, jusqu'aux Moluques et près de Timor. En Juin et Juillet 1884, cette ponce flottait encore le long des côtes nord et ouest de l'Australie, au témoignage du Cap. Hopkins, commandant du schooner *Mary Ogilvie* (**249**[c]).

Cendre. Le troisième produit de l'éruption de 1883, consiste en matières pulvérulentes, cendres et sables. Comme ces matières, tout comme les ponces, doivent s'être refroidies très rapidement après leur sortie du cratère, nous pouvons déjà présumer que la cendre aussi doit être un produit très riche en verre. L'examen microscopique montre, en effet, que même les cendres les plus riches en cristaux sont composées pour environ 90% de parties vitreuses et pour seulement 10% de cristaux.

Pendant le transport par le vent, les grains cristallins, plus lourds, se sont en partie séparés du verre ponceux, plus léger; plus la cendre est tombée loin de Krakatau, moins elle contient de cristaux et plus elle est riche en particules vitreuses. Le grain moyen devient naturellement aussi de plus en plus fin par la séparation dans l'air, et varie depuis celui d'un sable fin jusqu'à celui d'une farine impalpable. Les cendres grossières sont gris foncé, les très fines gris clair passant presque au blanc. La grosseur des cristaux est très différente dans les différentes cendres et sera indiquée avec les résultats de l'examen microscopique.

Après que des essais préliminaires eurent appris que la cendre est composée de:

1. Petits fragments de ponce plus légers que l'eau, par conséquent d'une densité inférieure à 1;
2. Petits fragments de ponce et de verre, plus lourds que l'eau, mais d'une densité inférieure à 2.6;
3. Cristaux de feldspath d'une densité variant de 2.54 à 2.74, mais en très majeure partie (95% de la quantité du feldspath) d'une densité comprise entre 2.61 et 2.70;
4. Cristaux de pyroxène et de magnétite, d'une densité supérieure à 2.70 et dépassant même 3.0;

je séparai de la manière suivante, à l'aide du liquide de Thoulet

(solution de biiodure de mercure et de potassium) les éléments de la cendre tombée, le 27 Août, entre 11 et 3 heures, à Buitenzorg.

Une certaine quantité de cette cendre — 50 grammes — fut pesée, et calcinée; la cendre perdit 3.20% d'eau.

Ensuite, la cendre fut agitée avec de l'eau dans un haut verre à précipité, ce verre fut placé dans un grand bassin, puis on y laissa couler lentement un filet d'eau, de manière à faire déborder le liquide. Les particules ponceuses flottantes sont alors entraînées du verre dans le bassin, et, en continuant avec précaution à ajouter de l'eau, on se débarrasse aussi peu à peu des très fines particules de ponce qui troublent le liquide; on cesse le lavage dès que l'eau est devenue suffisamment claire dans le verre.

La cendre restée au fond du verre fut recueillie par décantation, séchée et pesée; elle s'élevait à 29.45% de la quantité primitive de cendre humide; par conséquent, 70.55% de ponce humide, ou 70.55 — 3.20 = 67.35% de ponce sèche, avaient été enlevés par le lavage.

Les 29.45% de cendre lavée furent ensuite portés dans un entonnoir à robinet, qui était rempli d'une solution de biiodure de potassium et de mercure, dont la densité avait préalablement été amenée à 2.61. Cette densité 2.61 avait été choisie enfin que les particules vitreuses, qui sans pores à air possèdent une densité de 2.58, mais qui sont alourdies par des grains inclus de magnétite, pussent autant que possible être séparées, sans que le feldspath fût enlevé en même temps. Quelques rares particules de feldspath de la cendre ont, il est vrai, une densité comprise entre 2.61 et 2.54, mais la quantité en est si minime — environ 0.1% de la cendre — qu'elle peut être négligée dans cette analyse mécanique.

La cendre ayant été bien agitée avec le liquide dans l'entonnoir, puis abandonnée quelque temps à elle-même, une grande partie vint nager à la surface, tandis que les cristaux se déposèrent, ceux-ci furent recueillis en ouvrant le robinet, le liquide écoulé avec eux fut étendu d'eau et décanté, puis les cristaux furent lavés à plusieurs reprises avec de l'eau distillée, séchés et pesés. Le poids s'en élevait

à 11.32%, de sorte que pour le poids de la masse surnageante, qui était principalement composée de particules vitreuses à pores peu nombreux et de particules vitreuses microcristallines dépourvues de pores à air, il restait 29.45 — 11.32 = 18.13%.

Les cristaux furent alors introduits dans un liquide de la densité 2.70. Presque tous les feldspaths y surnagèrent, tandis que les pyroxènes et le magnétite se déposèrent. La quantité des cristaux de feldspath — mêlés toutefois de quelques particules vitreuses microcristallines foncées et troubles, qui renferment des cristaux de magnétite, auxquels elles doivent leur densité supérieure — s'élevait à 6.43%.

Les cristaux déposés furent transportés dans un liquide de la densité 3.00.

Dans ce liquide, les pyroxènes et la magnétite se précipitent seuls, tandis que les cristaux surnageants consistent surtout en feldspaths impurs, c'est-à-dire en feldspaths renfermant des grains de magnétite; il s'y mêle quelques particules vitreuses lourdes à inclusions de magnétite, quelques rares feldspaths purs (anorthite), qui possèdent une densité comprise entre 2.70 et 2.74 (environ $^1/_6$% de la cendre), et un nombre encore beaucoup moindre de cristaux d'anhydrite, dont la densité est supérieure à 2.78. Cette portion surnageante s'élevait à 1.50%, les cristaux plus denses que 3.00 pesaient 3.06%, de sorte qu'en tout il y avait eu une perte de 0.33% pendant les opérations répétées de lavage, séchage et pesée.

A l'aide d'un aimant, on effectua ensuite la séparation des cristaux lourds (3.06%) en 1.03% de magnétite et 2.03% de pyroxène, ce dernier souillé toutefois de particules vitreuses lourdes et de quelques cristaux de fer titané et de pyrite; il n'est pas non plus à éviter, dans cette opération, que les pyroxènes très chargés d'inclusions de fer oxydulé, ne se mêlent à la magnétite, vu qu'ils sont attirables à l'aimant.

Pour déterminer combien de pyroxène était ainsi mêlé à la magnétite, une certaine quantité du mélange fut réduite en poudre fine, pesée et dissoute dans l'acide chlorhydrique concentré. Il resta 20% de pyroxène, 80% seulement consistaient en magnétite pure.

En résumé, l'analyse avait donné:

Ponce légère	67.35	
Particules vitreuses d'une densité $<$ 2.61	18.13	
Cristaux, mêlés de particules vitreuses lourdes.	11.32	
Humidité	3.20	
Total	100%	cendre humide;

ou en spécifiant davantage:

Ponce légère	67.35	
Particules vitreuses d'une densité $<$ 2.61	18.13	
Feldsp., mêlé de grains vitr. (dens. 2.61—2.70).	6.43	
Feldspath impur, avec magnétite incluse; quelques cristaux purs d'anorthite; grains vitreux foncés, etc	1.50	
Pyroxène mêlé de grains vitreux lourds	2.03	
Magnétite mêlée de pyroxène	1.03	
Ensemble	96.47	cendre sèche.
Humidité	3.20	
Perte	0.33	
Total	100%	cendre humide.

Les grains vitreux foncés, qui se mêlent aussi bien au cristaux de feldspath, qu'à ceux de pyroxène, vu que, suivant la quantité plus ou moins grande de magnétite incluse, ils possèdent une densité variant de 2.61 à plus de 3.00, ne peuvent pas être séparés des cristaux au moyen du liquide de Thoulet, mais doivent être triés à l'aide d'une forte loupe, ou sous le microscope à un faible grossissement. Nous obtenons ainsi les chiffres suivants:

Ponce	67.35		67.35	
Particules vitreuses d'une dens. $<$ 2.61.	18.13		18.13	
Feldspath + particules vitreuses	6.43	feldspath	5.03	
		partic. vitr.	1.40	×
Feldspath impur + particules vitreuses.	1.50	feldsp. imp.	0.77	
		partic. vitr.	0.73	×
Pyroxène + particules vitreuses	2.03	pyroxène	1.91	
		partic. vitr.	0.12	×
Magnétite mêlée de pyroxène	1.03		1.03	
Ensemble	96.47%		96.47%,	

ou, en réunissant les particules vitreuses:

Ponce	67.35	67.35.
Particules vitreuses d'une densité < 2.61	18.13	20.38
Particules vitreuses d'une d'ensité > 2.61 (1.40 + 0.73 + 0.12)	2.25	
Feldspath	5.03	5.80
Feldspath impur	0.77	
Pyroxène	1.91	2.12
Pyroxène mêlé à la magnétite	0.21	
Magnétite	0.82	0.82
Ensemble	96.47%	96.47%.

Enfin, tout étant calculé pour 100 parties de cendre sèche, et les chiffres étant arrondis, on obtient:

	Sur 100%.	Chiffres ronds.	
Ponce	69.8 =	70%	
Particules vitreuses lourdes	21.1 =	21%	
Feldspath	6.0 =	6%	
Pyroxène	2.2 =	2%	Hypersthène 1.36; Augite 0.64
Magnétite	0.9 =	1%	
Total	100%	100% cendre sèche.	

Plus loin, il sera parlé en détail de la séparation des divers feldspaths ici réunis. En ce qui concerne les pyroxènes, ils consistent pour environ les $^2/_3$ en hypersthène, pour $^1/_3$ en augite; le rapport est donc de 2 : 1. Le triage, sous le microscope, des cristaux bruns pléochroïques et des cristaux verts non pléochroïques a donné, en effet, le rapport suivant:

Hypersthène	1.36
Augite	0.64
Ensemble	2%.

La cendre de Buitenzorg contient donc 91% de verre et 9% de cristaux. L'échantillon employé pour notre analyse avait été prélevé sur le produit entier de la chute, qui dura de 11 heures à 3, et il peut donc être considéré comme représentant la moyenne de la masse

totale de cendre tombée en ce point. La cendre tombée de 11 à 1h et celle tombée de 1h à 3h n'ont pas été recueillies séparément; la dernière était à grain un peu plus fin, et aura probablement contenu moins de cristaux que la cendre tombée entre 11h et 1h.

Quelques autres cendres, également examinées quant à leur richesse en cristaux, en contenaient, la plupart, moins de 9%.

Une cendre fine de Sebesi, prélevée sur la couche supérieure, et qui était donc évidemment tombée en dernier lieu, consistait presque entièrement en verre, mêlé seulement de 1.5% de cristaux, dont 1.3% avaient une densité moindre que 3.00, et 0.2% une densité dépassant ce chiffre. Le rapport des feldspaths aux cristaux les plus lourds est donc ici de 7 : 1, dans la cendre de Buitenzorg de 2 : 1, ce qui montre que non-seulement la cendre la plus fine contient le moins de cristaux, mais que les cristaux les plus lourds (magnétite et pyroxène) s'y trouvent aussi en quantité relativement moindre que les cristaux légers (feldspath).

La cendre est donc un mélange de verre et de cristaux, qui possèdent une composition chimique très différente. Il est tout naturel, d'après cela, que les analyses chimiques de cendres tombées en des lieux différents, ou tombées dans le même lieu mais recueillies à des heures différentes, ou enfin recueillies en des points différents d'une même couche, puissent donner des résultats très discordants. Cela explique, en partie, les divergences que nous trouverons plus tard dans les analyses de cendres.

Tous les produits du Krakatau, de 1883, *sont donc des roches très riches en verre, du groupe des andésites à hypersthène.* Dans leurs grands cristaux ils ne se distinguent pas des andésites à hypersthène plus anciennes; l'abondance beaucoup plus grande du verre s'explique par la rapide coagulation des matières rejetées du cratère, laquelle ne laissa pas à la pâte le temps de développer une structure cristalline.

Examen microscopique des roches de 1883.

Roches vitreuses noir foncé à éclat résineux (*Rétinite*). Dans une

pâte sont disséminés quelques grands cristaux de plagioclase, d'hypersthène, d'augite, de magnétite et d'apatite; en quantité, ces cristaux sont très surbordonnés par rapport à la pâte.

Le *plagioclase*, en individus de 1—1 $^1/_2$ millim., présente seulement en partie des stries polysynthétiques, en partie des cristaux mâclés par deux ou des cristaux simples. Les angles d'extinction, aux deux côtés de la ligne de mâcle, diffèrent beaucoup chez des individus feldspatiques différents, et laissent dans l'incertitude quant à l'espèce ou aux espèces de feldspath dont il s'agit. Nous reviendrons sur ce point en décrivant la cendre, produit dans lequel on a devant soi les déjections en cristaux *isolés*. Parmi les inclusions du feldspath on trouve principalement du verre granuleux brun clair ou noir, quelques grains d'augite et de fer oxydulé.

L'*hypersthène* et l'*augite* existent tous les deux, mais la premiere est toujours en excès relativement à la seconde. Les inclusions, les mêmes aussi que dans les andésites à hypersthène plus anciennes, consistent principalement en particules de verre et de grains de fer oxydulé.

Parmi *ces grains opaques* qu'il n'est pas rare de voir traversés de cristaux clairs d'apatite, on trouve quelques longs cristaux bacillaires, qui rappellent l'ilménite; la majeure partie, toutefois, est de la magnétite.

La *pâte* forme certainement 80 à 90% de la roche et consiste en un feutrage microlithique très fin, d'un gris clair. Parmi les microlithes, ceux de feldspath sont les plus grands, en moyenne de $0^{mm}.1$, et par leur orientation, les côtés longs dans la même direction, ils donnent à la roche une structure fluidale. Entre eux se trouve une masse serrée de microlithes d'augite très menus, dont la dimension s'abaisse jusqu'à $0^{mm}.02$ et même jusqu'à $0^{mm}.01$. L'orientation de ces microlithes d'augite, qui souvent renferment de la magnétite, est tout à fait irrégulière.

Entre les microlithes sont disséminés aussi des grains de magnétite isolés et quelques grains translucides bruns (hématite), et tous ces éléments cristallins sont englobés dans un verre isotrope, limpide et

incolore, parfois aussi coloré en jaune clair ou en brun très clair. A un faible grossissement, on voit dans la pâte des zones claires, qui alternent avec des zones un peu plus foncées; la direction de ces traînées de teintes différentes est la même que celle des microlithes feldspathiques.

Ces couches alternatives sont dues en partie à une coloration différente du verre isotrope, en partie à une accumulation plus dense des microlithes augitiques, en partie aussi à une plus grande abondance de grains de magnétite inclus dans ces bâtonnets d'augite.

Les roches en question appartiennent donc aux andésites hypersthéniques à base vitreuse offrant la dévitrification microlithique typique.

Roche vitreuse gris foncé à éclat demi-vitreux, provenant de l'éruption du Perboewatan, au mois de Mai.

Les roches vitreuses gris-brunâtre rapportées par M. SCHUURMAN forment un passage entre les rétinites ci-dessus décrites et les obsidiennes. Les grands cristaux sont tout à fait les mêmes que ceux de la rétinite, mais la pâte renferme moins de microlithes. Des deux échantillons recueillis par M. SCHUURMAN, l'un possède encore un feutrage microlithique assez dense; les bâtonnets sont un peu plus grands que dans les rétinites, mesurant jusqu'à $0^{mm}.03$, et le tissu en est plus lâche; ils sont empâtés dans un verre limpide, plus abondant que chez les rétinites.

Dans cet échantillon aussi, des bandes alternatives claires et foncées se font remarquer, non seulement parce que dans ces dernières les microlithes sont accumulés en plus grand nombre, mais aussi parce qu'il s'y trouve une multitude de pores allongés, où s'est déposé un pigment brun translucide, probablement de l'oxyde de fer, qui dans cette roche de formation récente doit très vraisemblablement être regardé comme primaire. Les pores se voient également dans le verre de couleur claire, tantôt pourvus des grains bruns, tantôt privés de ces grains. Les parties où les pores sont très serrés ont plus ou moins l'aspect de la ponce, et forment un passage naturel à cette roche.

Le second échantillon de M. SCHUURMAN renferme beaucoup moins

de bâtonnets d'augite, et ceux-ci sont répandus isolément dans un verre limpide abondant; ils atteignent jusqu'à $0^{mm}.05$ de longueur.

La masse présente une belle structure fluidale, par suite de la juxtaposition de zones vitreuses alternativement pauvres et plus riches en microlithes. Sur le verre limpide tranchent fortement quelques parties obscures, qui consistent en un verre foncé ou granuleux, avec microlithes de feldspath et d'augite et grains de magnétite; ces parties cristallines, qui ne sont pas nettement séparées de la pâte, me paraissent être des portions de roches plus anciennes, partiellement refondues dans le verre nouveau. Elles ressemblent beaucoup à la pâte de certaines roches andésitiques et basaltiques de Krakatau des groupes antérieurs; nous rencontrerons encore des inclusions analogues dans d'autres produits de 1883.

Roches foncées à éclat vitreux (*obsidiennes*). Dans ces roches aussi, les grands cristaux sont entièrement semblables à ceux des roches décrites plus haut.

La pâte consiste presque uniquement en un verre pur, ordinairement limpide et incolore, parfois teinté de jaune clair. Ce verre renferme un petit nombre de bâtonnets pyroxéniques, longs de $0^{mm}.1$, épais de $0^{mm}.02$. Le pléochroïsme est rarement bien distinct, à cause des faibles dimensions des cristaux; il paraît pourtant que l'hypersthène y est représenté aussi bien que l'augite.

A un fort grossissement, on voit encore dans le verre de petits grains translucides bruns et quelques pores à air très fins, d'un diamètre de $0^{mm}.001$. Il a été impossible d'y découvrir des bulles liquides.

Dans la masse vitreuse limpide l'attention est fortement attirée par quelques amas cristallins, composés de cristaux, assez gros ($^1/_2$—1 millim.) et étroitement serrés les uns contre les autres, de feldspath, d'hypersthène, d'augite et de magnétite, le tout entouré d'un verre brun foncé à rares microlithes, qui, à peu de distance des cristaux, se fond dans le verre limpide. Les cristaux de feldspath sont en très grande partie remplis de particules vitreuses brun foncé.

Dans quelques-uns de ces amas cristallins on a même découvert un grain d'olivine, entouré de verre brun foncé.

Comme il n'est pas à supposer que nos verres passablement acides, contenant environ 70% d'acide silicique, laisseront déposer de l'olivine, les cristaux en question et le verre foncé qui les enveloppe doivent probablement être regardés comme des restes de roches plus anciennes du volcan, remises en fusion.

La croûte vitreuse qu'on trouve à la surface de quelques bombes de ponce ressemble, par tous ses caractères, à la roche que nous venons de décrire.

Ponce. En se creusant de petites cavités les obsidiennes se transforment en ponces, de sorte que ces deux roches, abstraction faite des nombreuses bulles d'air, donnent à peu près la même image au microscope. Les grands cristaux de la ponce sont les même que ceux de l'obsidienne, le verre, généralement limpide et incolore, ne montre que très rarement un microlithe, ordinairement il est dépourvu d'éléments cristallins; çà et là seulement il est parfois parsemé de petits grains bruns translucides.

Dans la ponce finement bulleuse des bombes sus-mentionnées, les grands trous ont un diamètre de $0^{mm}.2$; le verre limpide qui les sépare est criblé de pores beaucoup plus petits, mesurant en moyenne $0^{mm}.03$. Tandis que les grands trous sont ronds, les petits présentent assez souvent des formes allongées, et, de même que les microlithes se rangent autour de cristaux plus grands, ces formes allongées se groupent autour des trous plus grands, et révèlent ainsi que la masse était encore fluide et en mouvement après la formation des bulles. Cette ponce ne montre pas de bandes dissemblablement colorées.

Les autres ponces de Krakatau sont ordinairement à grosses bulles, et presque toujours des zones ou bandes de couleur différente y alternent d'une manière irrégulière. Les bandes de couleur foncée consistent en verre brun non granuleux, parfois aussi en verre foncé granuleux; les bandes plus claires sont formées de verre presque incolore ou limpide, qui ne prend une couleur foncée qu'au pourtour des grains de magnétite, et indique par là que cette magnétite a été englobée par le verre en fusion.

Dans la ponce noire on ne trouve que du verre granuleux.

Les cristaux apparents consistent en plagioclase, qui renferme ordinairement d'innombrables particules vitreuses brun foncé et par suite paraît noir à la lumière incidente dans les échantillons ordinaires, en pyroxène, augite et magnétite. La pâte est destituée de microlithes feldspathiques ou augitiques.

Inclusions de la ponce. Dans les fragments de ponce arrondis par l'eau on trouve toujours des nodules noir terne, qui à cause de leur dureté supérieure ont été moins usés par l'eau et font par suite saillie, sous forme de verrues, à la surface de la masse ponceuse blanche ou gris clair. Ces parties dures se rencontrent dans un très grand nombre de ponces différentes; dans quelques-unes on voit aussi des parties altérées rouges, qui doivent évidemment être regardées comme des fragments inclus; pour les nodules noirs, plus petits, cela est moins certain, mais pourtant très probable. L'examen microscopique fait voir que les nodules noirs, sont presque entièrement composés de cristaux du feldspath foncé dont il a été question plus haut, d'hypersthène, d'augite et de magnétite; il y a en outre un peu de verre brun foncé, renfermant des microlithes de feldspath, de la magnétite et un minéral vert-brunâtre foncé, dont les lignes d'extinction font de petits angles (de 15° tout au plus) avec les longs côtés des petits prismes, qui est pléochroïque et qui produit une absorption plus forte suivant l'axe d'élasticité *c* que dans les directions perpendiculaires à cet axe. Ce ne peut être que de l'amphibole, minéral qui ne se rencontre parmi les microlithes d'aucune des roches connues de Krakatau.

D'autres nodules consistaient uniquement en ce verre brun, qui était rendu ponceux par des bulles à air, et qui contenait des microlithes de feldspath et de hornblende et de la magnétite, mais pas de grands cristaux.

Un fragment inclus brun, gros de 2 centimètres, se montra formé d'un basalte typique, semblable à certaines variétés du pic Rakata. De grands cristaux de plagioclase et d'assez nombreux cristaux d'olivine à croûte transformée en oxyde de fer y sont disséminés dans une pâte de bâtonnets de feldspath, de grains d'augite, de magnétite et d'un peu de verre granuleux brun.

Dans la ponce noire on rencontra même quelques grains d'olivine, les uns à contours cristallins nets, les autres en fragments.

Toutes ces inclusions fournissent la preuve que, lors de l'éruption, des parties de l'ancien manteau du volcan parvinrent dans la masse fondue et y subirent une refonte totale ou partielle. Les basaltes riches en fer donnèrent ainsi des matières vitreuses de couleur foncée, qui ne purent se mêler directement à la masse plus acide, de couleur plus claire et de consistance pâteuse, et produisirent en conséquence les bandes différemment colorées qu'on voit dans le verre et dans la ponce.

La hornblende microlithique du verre brun foncé des nodules cristallins s'est probablement formée dans le verre fondu nouveau; du moins, ce minéral n'a été trouvé dans aucune des nombreuses roches de Krakatau que j'ai examinées. Les grands fragments de feldspath remplis d'inclusions vitreuses foncées, le pyroxène, la magnétite et les grains d'olivine de ces nodules, au contraire, sont probablement les résidus des roches anciennes partiellement refondues, résidus concentrés en amas pendant le mouvement de la masse en fusion; peut-être aussi, les amas cristallins existaient-ils déjà antérieurement dans la roche refondue, et furent-ils seulement un peu ramollis sur les bords et pressés les uns contre les autres. En faveur de ce mode de formation parlent les formes arrondies des cristaux de feldspath, leur situation irrégulière et serrée et la présence du verre brun foncé au milieu d'une masse vitreuse du reste incolore.

Cendre. Les cendres de 1883 sont toutes des portions réduites en poudre fine du contenu du cratère, de sorte qu'elles aussi appartiennent naturellement aux andésites à hypersthène. La couleur est le gris clair et le gris foncé de différentes teintes; la poudre devient plus ténue à mesure que la cendre est tombée plus loin de Krakatau, et en même temps la teinte s'éclaircit, parce que les particules poreuses et les plus légères du verre prennent de plus en plus le dessus, et finissent par composer la cendre presque exclusivement.

Mais de la cendre très fine se trouve aussi dans l'île Sebesi et en d'autres points situés tout près de Krakatau; elle y forme la couche supérieure et est donc évidemment tombée *la dernière,* la cendre plus

grossière s'étant déposée un peu plus tôt. Du même lieu on peut donc avoir eu à examiner des cendres qui, tant par la grosseur du grain, que par la quantité des cristaux, et conséquemment aussi par la composition chimique, différaient assez notablement, suivant qu'elles avaient été recueillies au commencement ou à la fin de la pluie de cendre, ou qu'elles provenaient des particules tombées les premières ou les dernières.

Les éléments principaux de la cendre sont: le verre poreux, le verre granuleux foncé non poreux, le feldspath, l'hypersthène, l'augite, la magnétite. Nos roches de Krakatau se présentent ici résolues, pour ainsi dire, en leurs éléments distincts. Cette circonstance éminemment favorable, qui nous permet d'examiner les minéraux au microscope, non pas, comme c'est le cas dans les plaques minces, suivant toutes sortes de sections obliques, mais en cristaux entiers, m'a fait juger utile de soumettre les éléments cristallins d'une des cendres à une étude détaillée. J'ai choisi à cet effet la cendre tombée, le 27 Août, à Buitenzorg, parce que les cristaux y sont plus grands que dans beaucoup d'autres cendres; en outre, je puis garantir la pureté de cette cendre, qui a été recueillie par moi-même, sur des papiers et des assiettes bien propres. On trouvera plus loin l'étude très approfondie de cette cendre, faite par M. J. W. Retgers, ingénieur des mines. Dans la description des autres cendres je puis donc être très bref, car toutes sont composées des mêmes éléments et ne diffèrent que par la quantité relative des particules de verre poreux, des particules de ferre foncé et des cristaux, ainsi que par la grosseur des grains cristallins.

Cendre recueillie par M. Schuurman *près du cratère du Perboewatan, le* 27 *Mai* 1883. Elle forme un sable fin de couleur grise, mêlé de quelques petits fragments de ponce larges de 4 millimètres.

La cendre *non lévigée,* qui à cause de sa teneur en ponce farineuse extrêmement fine donne des préparations très troubles, apparaît au microscope en majeure partie composée de *particules de ponce,* verre limpide percé de nombreux pores arrondis on allongés, qui parfois sont étirés en petits tubes capillaires et donnent à la masse une

structure fibreuse. Les filaments de verre sont quelquefois tordus en forme de corde. Par suite de la présence des nombreux pores, de grains de magnétite et de quelques *rares* microlithes en bâtonnets, les petits fragments ponceux un peu plus gros deviennent souvent troubles et opaques. Outre ce verre poreux, on voit, en proportion moindre, de *petits fragments de verre non poreux*, mais remplis de bâtonnets microlithiques et de grains de magnétite; en fragments un peu gros, ce verre aussi est opaque et ordinairement de couleur foncée, et il ressemble tout à fait à la pâte dévitrifiée et chargée de microlithes de beaucoup d'andésites à pyroxène. Le verre lui-même est incolore et limpide, ou bien coloré en brun.

Outre les particules vitreuses, la cendre contient, en proportion beaucoup moindre, des cristaux. Ceux-ci, toutefois, se laissent mieux étudier dans la cendre débarrassée, par la lévigation, de la poudre impalpable, si gênante, et d'une grande partie du verre poreux.

La cendre *lévigée* contient encore beaucoup de ponce et de particules vitreuses foncées, mais mêlées maintenant de plus de cristaux que dans la cendre non lévigée; la plupart des cristaux sont des fragments, d'une dimension moyenne de $0^{mm}.15$. Aux bords de beaucoup de cristaux on observe des éclats de verre, débris d'une croûte vitreuse qui, avant la rupture des cristaux, les enveloppait probablement en entier. Les gouttes vitreuses rondes, qui ont assez souvent été trouvées dans la cendre volcanique, *manquent* absolument à toutes les cendres du Krakatau. Les cristaux consistent en: plagioclases clairs, les uns striés, les autres non striés, souvent à structure zonaire, et appartenant probablement à plusieurs espèces différentes, à en juger par la grande discordance des angles d'extinction; hypersthène brune, dont les petits prismes fortement pléochroïques éteignent toujours parallèlement et perpendiculairement aux longs côtés; augite verte, à grand angle d'extinction; magnétite et apatite. Les inclusions, dans ces minéraux, sont exactement les mêmes que dans les roches de 1883, déjà décrites, rétinite, obsidienne et ponce. Comme élément étranger on doit encore citer la pyrite, dont on trouve quelques rares cristaux, en dodécaèdre pentagonal ou en cube. Pour les autres

propriétés de ces minéraux, forme cristalline, densité, etc., je renvoie à l'examen de la cendre de Buitenzorg.

Cendre recueillie, le 11 *Août* 1883, *au pied du Perboewatan, par le Capitaine* FERZENAAR. *Couche inférieure.*

On se rappellera qu'en ce point, le 11 Août, trois couches différentes furent observées dans les déjections, d'abord une couche de fragments de ponce, sur celle-ci de la fine cendre grise, et enfin de la cendre de couleur plus foncée. La cendre de la couche inférieure est probablement, ainsi que celle de M. SCHUURMAN, un produit des éruptions du mois de Mai, peut-être aussi en partie de celles du mois de Juin. Néanmoins, elle n'est pas tout à fait la même, car sa couleur est le gris-brunâtre et au microscope on reconnaît aussi que cette cendre contient relativement plus de particules vitreuses *brunes* à dévitrification microlithique. A cela près, cette cendre est semblable à la précédente. Grosseur moyenne des particules cristallines $0^{mm}.15$.

Cendre recueillie, le 11 *Août* 1883, *au pied du Perboewatan, par le Capitaine* FERZENAAR. *Couche supérieure.*

Probablement émise au mois de Juillet et dans la première moitié d'Août.

Cette cendre est gris foncé et plus fine que la précédente; elle en diffère aussi microscopiquement, en ce que les particules de verre poreuses, les fragments microscopiques de ponce, y manquent. Les particules de verre non poreuses, à dévitrification microlithique, contiennent, outre les microlithes, un très grand nombre de petits cristaux de magnétite et de petits grains foncés, noirs ou bruns-translucides, et c'est à cela que doit être attribuée la couleur foncée de cette cendre, car les cristaux de magnétite isolés et libres ne s'y trouvent pas en plus grande quantité que dans les autres cendres. Cette cendre contient beaucoup de fine farine, que le lavage entraîne; les fragments de verre et de cristaux, qui restent, ont de nouveau une dimension moyenne de $0^{mm}.15$. La plupart des cristaux sont, ici encore, des fragments.

Cendre recueillie par l'auteur, le 27 *Août* 1883, *de* 11 *à* 3 *heures de l'après-midi, à Buitenzorg, à* 150 *kilomètres de Krakatau.*

Cette cendre a très probablement été rejetée lors de la plus grande

explosion, le Lundi matin à 10 heures; les premiers grains tombèrent à Buitenzorg un peu après 11 heures, de $11^h\ 20^m$ à 1 heure la pluie de cendre fut assez forte, de 1 à 3 heures elle diminua progressivement.

La cendre, d'un gris clair, tomba en petits grains humides, d'une dimension moyenne de $0^{mm}.6$.

On pouvait les écraser entre les doigts, mais çà et là on sentait un petit fragment plus dur, ponce ou cristal. La plus grande partie se compose encore de ponce, mêlée d'une quantité moindre de petits fragments jaune clair ou bruns de verre non poreux, contenant de nombreux microlithes et grains de magnétite. Il ne me paraît pas improbable que ces particules de verre dévitrifiées microlithiquement proviennent *pour une petite part* de la pâte de roches plus anciennes du Krakatau, englobées et partiellement refondues dans la masse fluide. La plus grande part, toutefois, se sépara sans doute du magma fondu à la partie supérieure du cratère, près de la surface; là, grâce à la diminution de pression, l'eau put s'échapper peu à peu et les microlithes eurent le temps de cristalliser dans le verre, avant l'éjaculation de la masse. Cette hypothèse tire sa probabilité de la circonstance que la cendre rejetée au mois de Juillet et dans la première moitié d'Août est spécialement riche en particules vitreuses foncées à dévitrification microlithique; pendant ces mois, les éruptions furent beaucoup moins violentes qu'en Mai et en Août, et selon toute apparence la partie *supérieure* du contenu du cratère fut seule rejetée ou plutôt entraînée par la vapeur, qui s'échappait avec force de la lave. La majeure partie des microlithes des particules vitreuses foncées aura donc vraisemblablement été formée dans le haut du cratère lui-même.

Les cristaux sont les mêmes que ceux de la cendre de Mai; mais ils atteignent la dimension assez considérable de $0^{mm}.3$ à $0^{mm}.5$, et quelques cristaux allongés de pyroxène vont même jusqu'a 1 millimètre. Sur les bords des cristaux on voit ordinairement, comme dans la cendre recueillie par M. Schuurman, des éclats de verre tranchants. M. Sauer (**249**[4]) admet que le refroidissement rapide éprouvé par

les particules vitreuses et cristallines, subitement lancées à des hauteurs de plusieurs dizaines de kilomètres, y a déterminé une forte tension, par suite de laquelle elles se sont brisées en retombant et en se heurtant les unes les autres. Les fragments et les éclats seraient donc le résultat de la rupture, en dehors du cratère, des particules déjà solidifiées, hypothèse qui présente en effet beaucoucoup de probabilité.

La cendre du 27 Août contient plus de cristaux entiers que celle de Mai; néanmoins, les fragments y sont encore de beaucoup les plus nombreux.

Pour l'étude détaillée des cristaux, je renvoie au travail de M. Retgers (voir ci-dessous).

Cendre recueillie par l'auteur, le 14 *Octobre* 1883, *dans la plaine au côté nord-est de l'île Sebesi.*

Elle est de couleur gris clair, mais plus fine que la cendre de Buitenzorg. Les grains cristallins y sont en très faible quantité (1 $^1/_2$%) et ne mesurent en moyenne que $0^{mm}.10$, ce qui doit être attribué à ce que cette cendre, prélevée sur la couche *supérieure*, est formée des particules tombées en dernier lieu, les plus légères.

Cendre tombée à Bandar (division Pasemah, résidence de Palembang, à 320 *kilomètres de Krakatau) dans la nuit du* 27 *au* 28 *Août* 1883. *Recueillie par le D*r. A. Stammeshaus.

Cette cendre est très fine, farineuse et de couleur gris-blanchâtre; elle contient plus de ponce et moins de cristaux que la cendre de Buitenzorg, mais ces cristaux y sont à peu près dans les mêmes rapports entre eux. Les cristaux atteignent une dimensiou moyenne de $0^{mm}.15$ à $0^{mm}.10$, les particules de ponce sont en partie beaucoup plus petites; quant au reste, la cendre ressemble à celle de Buitenzorg.

Cendre tombée à Talang-Betoetoe (division Iliran et Banjoe-Asin, résidence de Palembang, à 375 *kilomètres de Krakatau), le* 28 *Août* 1883. *Recueillie par le Contrôleur* J. Peelen.

Cette cendre est encore plus fine et plus blanche que la précédente. La quantité relative des cristaux y est encore plus faible, et parmi ces cristaux ceux de magnétite ont un peu diminué en nombre.

La dimension des cristaux est en moyenne de $0^{mm}.10$, la ponce descend jusqu'à l'état de fines poussières; du reste, la cendre est semblable à la précédente.

Examen de la cendre de Buitenzorg, par l'ingénieur des mines J. W. RETGERS.

La cendre volcanique de Krakatau se prête très bien à une étude minéralogique détaillée. Dans cette matière, en effet, l'isolement des divers éléments, souvent si difficile à obtenir chez les roches solides, la nature l'a en quelque sorte réalisé pour nous, et cela d'une manière qui ne laisse rien à désirer; les minéraux à étudier s'y rencontrent, la plupart, en cristaux à peu près purs, nettement limités, sans la moindre trace d'altération.

Pour l'examen des différents minéraux de la cendre tombée à Buitenzorg, j'ai fait usage de la séparation d'après les densités, au moyen de la liqueur de THOULET, qui à l'état de concentration possède une densité de près de 3.2, pouvant être abaissée, par l'addition d'eau, à toute autre valeur comprise entre 3.2 et 1. Cette méthode de séparation est ici d'autant mieux à sa place, qu'on n'a affaire ni aux nombreux produits mêlés, ni à la poussière impalpable, qui se forment inévitablement quand on concasse des roches solides.

Après les minutieuses instructions de M. GOLDSCHMIDT (*Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc., Beilage-Band* I, p. 179), la préparation de la liqueur, au moyen de HgJ_2 et de KJ, ne présentait pas la moindre difficulté. La liqueur resta aussi, malgré des filtrations et évaporations répétées, semblable à elle-même, tout au plus prit elle une couleur un peu plus foncée, due à la séparation d'une trace d'iode, inconvénient auquel on peut parer, d'après M. VAN WERVEKE *Neues Jahrb. f. Min.*, 1883, II, p. 86), en traitant la liqueur par le mercure métallique.

Les cristaux de la cendre consistent en: feldspath, hypersthène, augite, magnétite, comme éléments essentiels; ilménite et apatite, comme éléments accessoires; pyrite, pyrite magnétique (pyrrhotine) et anhydrite, comme éléments étrangers.

Quant au verre, qui dans la cendre de Buitenzorg forme 91% de

l'ensemble, et dont la majeure partie se trouve à l'état poreux (ponce), une moindre partie à l'état de verre grenu et microcristallin par dévitrification, il en a déjà été parlé ci-dessus, à l'occasion de la description de la cendre, de sorte que je ne m'occuperai ici en détail, que des éléments cristallins.

Feldspaths.

Après que la cendre du Krakatau eut été presque entièrement débarrassée, par la lévigation préalable dans l'eau, de la fine poudre de verre et de ponce, le résidu consistait pour la majeure partie en éléments cristallins. De ce mélange on réussit à retirer, avec relativement peu de peine, un grand nombre de cristaux de feldspath très purs, qui furent étudiés de plus près au microscope.

Les feldspaths appartenaient presque tous, comme l'apprit l'examen optique, au système triclinique (plagioclases), caractérisé par l'extinction oblique par rapport à la brachydiagonale, tant sur leur base P (oP) que sur leur brachypinacoïde M ($\infty P\breve{\infty}$). On ne trouva que très peu de feldspaths monocliniques (sanidine), reconnaissables à leur extinction parallele sur P et oblique sur M.

Sauf les fragments produits par rupture, la plupart de ces feldspaths étaient en cristaux bien conformés, dont les dimensions variaient généralement de $0^{mm}.15$ à $0^{mm}.6$. Ils étaient ordinairement composés des faces suivantes: $M = \infty P\breve{\infty}$; $P = oP$; $T = \infty{}^{1}P$; $l = \infty P^{1}$; $X = {}_{1}P_{1}\bar{\infty}$; faces rares: $y = 2_{1}P_{1}\bar{\infty}$; $n = 2{}^{1}P_{1}\breve{\infty}$; $e = 2_{1}P^{1}\breve{\infty}$. En ce qui concerne leur habitus, ils se distribuaient en deux groupes:

1. Cristaux en prismes rectangulaires, très développés dans la direction de la brachydiagonale.
2. Cristaux en tables sexangulaires, aplaties suivant $\infty P\breve{\infty}$. Ceux-ci toutefois, quant au nombre, sont très subordonnés aux cristaux en prismes rectangulaires.

Bien que les feldspaths de la cendre du Krakatau fussent presque tous de vrais plagioclases tricliniques, les mâcles y étaient très rares; la plus grande partie des plagioclases consistaient en cristaux simples. Cela peut servir à confirmer le fait du peu de valeur qui doit être

attaché à la distinction, autrefois généralement admise, des feldspaths en plagioclases et orthoclases, d'après la présence ou l'abscence des lamelles hémitropes. Dans le petit nombre de cas où il existait des mâcles, les cristaux étaient ou bien composés de deux moitiés unies suivant la loi de Carlsbad (axe d'hémitropie = l'axe vertical, plan d'assemblage = $\infty P \breve{\infty}$), ou bien ils consistaient en une juxtaposition parallèle de lamelles hémitropes, suivant la loi de l'albite (axe d'hémitropie = la normale à $\infty P \breve{\infty}$).

On n'a pas observé d'assemblages suivant d'autres lois d'hémitropie, par exemple celle suivant la loi de la péricline (axe d'hémitropie = la macrodiagonale), qui devrait apparaître dans les tables sexangulaires reposant sur M.

Pour l'étude ultérieure des différents caractères d'une collection de feldspaths telle que nous l'offre la cendre du Krakatau, la marche ordinaire, généralement suivie jusqu'ici, consistait à faire une analyse chimique, combinée au besoin avec un examen optique, pour contrôler les résultats de la première.

Cette marche serait, en effet, très convenable, si les feldspaths auxquels on a affaire étaient tous composés d'*une même espèce* de plagioclase.

Un examen optique préliminaire m'apprit bientôt, toutefois, qu'une pareille hypothèse n'était nullement applicable aux feldspaths de la cendre du Krakatau (pas plus qu'elle ne l'est probablement à ceux de n'importe quelle autre roche). Les angles d'extinction très inégaux, tant sur P que sur M, montraient qu'il y avait dans cette cendre des feldspaths de composition chimique très différente, les uns à caractère très basique, les autres à caractère très acide.

Mon premier plan (et ce plan fut aussi mis en partie à exécution) était d'arriver par l'examen optique d'un grand nombre de cristaux à la connaissance de la proportion dans laquelle se trouvent les plagioclases d'acidité différente. Mais cette méthode, quand on veut l'appliquer avec les soins nécessaires et à de nombreux cristaux, est très laborieuse, et en outre elle donne souvent, par suite de diverses circonstances sur lesquelles nous reviendrons en traitant de l'examen optique, des résultats assez incertains.

Il ressortait toutefois déjà, de cette étude optique préliminaire, que la cendre contenait à la fois des plagioclases très basiques (anorthite et bytownite) et des plagioclases très acides (albite), mais que la grande masse des cristaux de feldspath appartenaient à l'oligoclase, à l'andésine et au labrador. La présence de la sanidine monoclinique avait aussi été constatée.

Les inconvénients ci-dessus signalés de la méthode optique, m'en faisaient désirer une autre, qui fût plus simple et donnât des résultats plus sûrs, et je la trouvai dans la séparation des feldspaths d'après leur *densité*.

La densité, qui autrefois jouait un rôle assez subordonné parmi les caractères servant à déterminer les minéraux, est devenue, grâce à l'emploi de la liqueur de Thoulet, un excellent moyen de détermination et de séparation pour les minéraux en général et pour les feldspaths en particulier. C'est ce qui résulte notamment des recherches de M. Goldschmidt (*Neues Jahrb. für Min. etc., Beilage-Band* I, p. 179), lequel arrive à cette conclusion (p. 211):

»La détermination de la densité, quand les matières sont fraîches (inaltérées) et la séparation nette, permet de prononcer avec une entière certitude sur la nature du feldspath, et mérite d'être placée, à ce point de vue, au même rang que la détermination des angles d'extinction".

M. Tschermak (*Sitzungsberichte d. K. K. Akad. d. Wiss.*, Wien, 1864) a le premier montré que les plagioclases ne constituent pas, comme on l'avait cru jusqu'alors, un certain nombre de feldspaths distincts, de composition chimique constante, savoir, l'oligoclase, le labrador, etc., mais qu'ils sont tous des mélanges isomorphes, en proportions différentes, de deux feldspaths tricliniques, le feldspath calcaire (anorthite) et le feldspath sodique (albite). Il a admis les noms d'albite, oligoclase, andésine, etc. pour des *groupes* de feldspaths, compris entre des limites déterminées.

M. Tschermak a fait voir, en outre, que non-seulement la densité décroît depuis le plagioclase le plus basique (anorthite, densité = 2.75) jusqu'au plus acide (albite, densité = 2.62), mais que ce décroisse-

ment est *uniforme*, qu'il existe donc une proportionnalité directe entre la teneur en anorthite et l'augmentation de densité, de sorte que, connaissant la densité d'un plagioclase, on connaît immédiatement sa composition chimique,

C'est sur ce principe que je fondai ma séparation des feldspaths d'après la densité, séparation qui en peu de mots revient à ceci: Un grand nombre de cristaux choisis et très purs, entièrement dépourvus d'inclusions, furent portés dans une dissolution de biiodure de mercure et de potassium, qui avait une densité de 2.750. Par l'addition d'eau la densité fut amenée à 2.740; il en résulta la précipitation de quelques cristaux, qui furent recueillis: ils avaient donc une densité comprise entre 2.750 et 2.740. La liqueur fut ensuite étendue jusqu'à ce qu'elle présentât une densité de 2.730, les cristaux précipités par cette dilution avaient une densité intermédiaire entre 2.740 et 2.730. On continua de la même manière, abaissant chaque fois la densité de 0.01, non-seulement jusqu'à 2.620 (densité de l'albite), mais, vu que l'examen optique préalable avait déjà décelé la présence de la sanidine, jusqu'à 2.540 (densité de la sanidine). Les cristaux de feldspath étaient donc ainsi partagés en 21 groupes différents, compris chacun entre deux limites de densité qui présentaient une différence constante de 0.01.

Pour contrôler le degré d'exactitude de cette méthode, quelques-uns des groupes furent soumis, plus tard, à un examen optique et chimique.

Manière d'obtenir la quantité nécessaire de cristaux de feldspath purs. Ainsi qu'il a été dit, on commençait par extraire les cristaux de feldspath un à un du résidu de la cendre lévigée. On y parvenait assez facilement en faisant adhérer les cristaux incolores, qui attirent immédiatement la vue, à la pointe humectée d'eau d'une aiguille à préparer, et en les laissant ensuite tomber dans une goutte d'eau déposée sur une lame de verre porte-objet. Un essai de concentration préalable des cristaux de feldspath au moyen de la liqueur de THOULET, dans laquelle la cendre lévigée était soumise à la précipitation entre les limites 2.54 et 2.75, n'offrit guère d'avantages, car les cristaux de feldspath ainsi obtenus étaient encore

tellement mêlés de grains étrangers, qu'il n'en fallait pas moins les trier un à un. Dès qu'on s'était procuré une quantité suffisante de cristaux bruts, on procédait à une épuration préliminaire. Celle-ci s'opérait à l'aide d'une forte loupe: la lame de verre portant les cristaux de feldspath était d'abord examinée au-dessus d'une feuille de papier blanc, et tout cristal où se voyait quelque impureté, point noir de magnétite, petit fragment de pyroxène ou inclusion de verre coloré, était rejeté; ensuite, un examen analogue avait lieu au-dessus d'un papier noir, où se découvraient les cristaux présentant des parties blanches opaques (dues par ex. à de la ponce adhérente ou à quelque autre cause), cristaux qui étaient également éliminés. Après ces deux épurations, il ne restait guère que des cristaux de feldspath purs, incolores. Un dernier examen et, au besoin, une dernière épuration, étaient toujours effectués par moi-même, au microscope, à un faible grossissement; dans ces conditions, l'oeil saisissait encore quelques feldspaths impurs, mais en nombre extrêmement petit lorsque le triage à la loupe avait été fait avec soin. Le but principal de l'examen au microscope était toutefois la recherche et l'élimination de fragments de verre incolore, ou de cristaux de feldspath souillés par ce verre, qui à la loupe est souvent difficile à distinguer du feldspath. Au microscope, ces parcelles de verre se décèlent bientôt par leur forme irrégulière et par leur couleur toujours un peu gris pâle ou brun pâle, qui les fait trancher assez nettement sur les cristaux de feldspath, complètement incolores. Dans les cas douteux, par exemple pour des esquilles de verre très minces, on avait recours à la lumière polarisée; entre les nicols croisés, naturellement, le verre devenait obscur, tandis que les cristaux de feldspath se coloraient vivement. Les cristaux de feldspath ainsi triés étaient d'une pureté presque idéale; quelques-uns seulement retenaient une très mince pellicule de verre, dont le volume était toutefois si excessivement petit par rapport à celui des cristaux eux-mêmes, qu'il ne pouvait en résulter aucune influence sensible sur la densité, d'autant plus que la densité du feldspath et celle du verre compacte ne diffèrent que peu l'une de l'autre. La preuve que l'épuration avait été très rigoureuse, c'est que dans la plus légère

des portions feldspathiques, où devaient nécessairement se trouver tous les fragments de verre de la quantité totale de feldspath (2 grammes environ) soumise à l'examen, je n'ai rencontré qu'une couple de parcelles de verre, ne pesant pas même ensemble 0.1 milligramme; pareillement, dans les portions les plus lourdes, il n'y avait qu'une couple de petits grains de magnétite; on n'y rencontra aussi qu'un seul petit fragment d'hypersthène.

En ce qui concerne ces matières étrangères, elles sont très inoffensives lorsqu'elles sont en particules isolées, mêlées aux cristaux de feldspath: en effet, toute la magnétite (densité = 5) et tout le pyroxène (densité = 3.3 à 3.5) doivent se trouver dans la portion des feldspaths les plus lourds (densité $>$ 2.740); de même, tout le verre (densité = 2.380), ainsi que toute la ponce (densité $<$ 1), se concentrent dans la portion des feldspaths les plus légers (densité $<$ 2.540); de chacun de ces portions on peut facilement, au microscope, enlever les matières en question, et ce n'est qu'après cette épuration qu'on pèse les deux portions de feldspaths. On peut aussi, au commencement des séparations, prendre la densité un peu plus grande, de 2.760 par exemple, et à la fin un peu plus petite, de 2.530 par exemple. On obtient alors, pour portions extrêmes, non pas des cristaux de feldspath, mais des impuretés. On le voit, celles ci sont faciles à éliminer de l'une ou de l'autre manière, et elles n'exercent pas d'influence sur la séparation des feldspaths.

Le cas devient tout différent lorsque les impuretés font corps avec les feldspaths, soit comme inclusions, soit comme matières fixées à la surface des cristaux. Les feldspaths deviennent alors plus légers ou plus lourds que ne le comporte leur densité propre, et ils entrent par conséquent dans des groupes auxquels ils n'appartiennent pas. L'influence des différentes impuretés est toutefois très inégale. La magnétite, d'une part, et le verre poreux (ponce), d'autre part, sont très nuisibles, à cause de leur grande différence de densité avec les feldspaths; relativement inoffensifs sont le pyroxène et le verre compacte, parce que pour ceux-ci cette différence est beaucoup moindre. Sous ce rapport, c'est une circonstance particulièrement favorable

que les deux éléments nuisibles se trahissent si facilement au regard; par leur couleur noire, les plus petits points de magnétite sont faciles à voir dans le feldspath au-dessus d'un papier blanc ou au microscope à la lumière transmise; de même, la ponce blanche et toujours opaque saute immédiatement aux yeux dans l'inspection au-dessus d'un papier noir ou au microscope à la lumière réfléchie. Pourtant, malgré tous les soins, quelques très rares cristaux de feldspath souillés d'un grain de magnétite échappaient à l'observation. Lorsque plus tard, dans l'examen optique des groupes feldspathiques séparés, ces cristaux étaient découverts, on les mettait à part, on les pesait et on déduisait ce poids de celui des groupes respectifs; il n'en résultait toutefois qu'une correction très minime, qui ordinairement ne s'élevait pas même à 0.1 milligr., par conséquent, pas même à $^1/_{200}\%$.

Une matière étrangère qui accompagne toujours les feldspaths, c'est l'anhydrite ($CaSO_4$). Elle forme des cristaux prismatiques tantôt incolores, tantôt blancs, qui sont souvent difficiles à distinguer des cristaux de feldspath. Heureusement, la densité de l'anhydrite est 2.8 à 3.0, de sorte qu'on peut aisément la séparer des feldspaths les plus lourds (densité = 2.745), en commençant par une liqueur de 2.77. La quantité de l'anhydrite mêlée aux feldspaths est d'environ 0.24%.

Somme toute, je crois pouvoir dire que l'épuration des feldspaths a été faite avec tout le soin possible; aussi l'examen optique ultérieur a-t-il montré, que les feldspaths des divers groupes, à une mince pellicule de verre près, étaient irréprochables.

Ce soin minutieux, mis à obtenir des cristaux de feldspath très purs, pourra sembler exagéré, mais il sera peut-être justifié par l'intérêt des conclusions minéralogiques et pétrographiques qui se déduisent des résultats obtenus.

Description de la méthode de séparation. Passons maintenant à l'exposition détaillée de la méthode suivie pour séparer les feldspaths d'après leur densité, et des précautions prises à cette occasion.

Pour cette séparation, nos feldspaths du Krakatau se trouvent dans les conditions les plus favorables, surtout parce qu'ils n'offrent aucune trace d'altération, altération qui est, comme on sait, le facteur le

plus nuisible dans la détermination de leur densité, ou dans leur séparation d'après cette densité.

En ce qui concerne l'appareil dont je me suis servi, quelques essais préliminaires avaient montré que l'entonnoir à robinet recommandé par M. VAN WERVEKE (*Neues Jahrb. für Min.*, 1883, II, p. 86) convenait le mieux. Il réunit l'avantage de l'appareil primitif de M. THOULET, savoir, de permettre de recueillir par écoulement les minéraux précipités, et celui du mélange des minéraux par agitation dans un verre à précipité, mélange pratiqué par M. GOLDSCHMIDT.

L'entonnoir de verre à robinet dont j'ai fait usage avait une capacité d'environ 700 centim. cub.; il est bon que cet entonnoir soit en cône un peu aigu, parce que la liqueur peut alors s'y élever assez haut, ce qui diminue le danger d'aspirer vers le bas les feldspaths surnageants, quand on recueille les cristaux précipités. On verse dans cet entonnoir environ 500 c. c. de la solution concentrée de biiodure de mercure et de potassium.

La première chose à faire c'est d'étendre cette solution, aussi exactement que possible, jusqu'à la première densité dont on a besoin, par conséquent, dans notre cas, jusqu'à 2.740. C'est là une opération un peu laborieuse au début et qui doit être exécutée avec précaution. On commence par déterminer la densité de la liqueur concentrée primitive, ce qui se fait exactement de la manière décrite par M. GOLDSCHMIDT (*l. c.*, p. 196), savoir, en remplissant de cette liqueur un petit matras jaugé de 25 c. c., en aspirant au moyen d'une bandelette de papier à filtre assez de liquide pour que le bas du ménisque concave vienne affleurer au trait de jauge, et en pesant le matras rempli. La densité n'ayant besoin d'être connue exactement que jusqu'à la quatrième décimale, on peut se contenter d'une pesée en milligrammes (1), qui s'exécute rapidement. Le point essentiel de toute l'opération est l'affleurement rigoureux du ménisque.

Comme on ne peut pas toujours se fier à l'exactitude des matras jaugés du commerce, il ne faut jamais négliger d'en déterminer

(1) Un milligramme ne change la densité que de $\frac{0.001}{25} = 0.00004$.

préalablement, au moyen d'eau distillée, la capacité précise; le mien donna, comme moyenne de deux déterminations (après correction pour la température), 24.990 centim. cubes.

Dans cette détermination de la capacité du matras, la température de l'eau a une très grande importance. Ainsi qu'on le verra plus loin, la capacité du matras jusqu'au trait de repère peut être supposée constante, la dilatation du verre, pour les quelques degrés dont la température varie pendant l'opération, étant extrêmement petite.

Soit V cette capacité; comme dans ma détermination, l'eau avait au moment de la pesée une température = 27° C., et que cette eau pesait 24.9055 grammes (différence entre le poids du matras rempli d'eau et celui du matras vide), on a:

$$V \times \text{densité de l'eau à } 27^\circ \text{ C.} = 24.9055.$$

Pour la densité de l'eau à différentes températures nous avons la table très exacte de M. Rosetti (Pouillet-Müller, *Physik*, 8e éd., II. 2, p. 82), dans laquelle la densité à 4° C. est prise pour unité. On y trouve pour la densité de l'eau à 27° C. le chiffre 0.996603, de sorte que la capacité cherchée est:

$$V = \frac{24.9055}{0.9966} = 24.9904.$$

Cette correction pour la température de l'eau a une grande influence sur les densités qu'on trouvera ultérieurement, à l'aide du matras, pour la liqueur de Thoulet. Supposons, en effet, que la capacité du matras soit, sans la correction due à la température, A c. c., et avec cette correction $A + \Delta$ c. c. Supposons, en outre, que la liqueur de Thoulet, dont le matras est rempli, pèse B grammes; la densité de cette liqueur (ou, ce qui revient au même, celle des feldspaths qui y restent en suspension) est alors dans le premier cas, $\frac{B}{A}$, et dans le second:

$$\frac{B}{A + \Delta} = \frac{B}{A} - \frac{B}{A^2}\Delta + \frac{B}{A^3}\Delta^2 - \frac{B}{A^4}\Delta^3 + \text{etc.}$$

Si nous négligeons les termes contenant Δ au carré ou à une puissance supérieure, la différence des deux densités est $= \frac{B}{A^2}\Delta$. Or,

A étant = 25 c. c., B ayant en moyenne une valeur de 75 grammes, et $\triangle$ s'elevant déjà pour une température de 27°, à 24.9904—24.9055 = 0.0849,

on a $\frac{B}{A^2} \triangle = 0.0102$.

Il est vrai que, pour l'Europe, une température de 27° C. serait très élevée, mais déjà à 15° C. l'erreur atteint environ la moitié du chiffre que nous venons de trouver. C'est, en tout cas, une correction absolument nécessaire, lorsqu'on détermine la densité, comme nous le faisons ici, avec 3 décimales.

Pour la détermination de la capacité du matras on prend, bien entendu, la moyenne de plusieurs observations, vu que la principale source d'inexactitude gît toujours dans l'affleurement au trait de repère. Même quand tout le soin possible a été apporté à cet affleurement, les déterminations de la capacité du matras peuvent différer de 0.003 c. c., ce qui exerce une influence de 0.0004 sur la détermination ultérieure de la densité de la liqueur de THOULET. Lorsque, au contraire, l'affleurement n'a pas été très précis, la différence influe déjà sur la 3e décimale.

Comme, dans tout le cours de la séparation des feldspaths, la température n'a varié que d'une couple de degrés au plus (extrêmes 26° C. et 28° C.), l'influence de la dilatation du verre du matras était insignifiante. Le verre possède un coefficient de dilatation cubique égal à 0.00003, de sorte que, pour un accroissement de température de 1° C., la capacité du matras augmente de $25 \times 0.00003 = 0.00075$ c. c.; l'influence qu'en éprouve la densité de la liqueur de THOULET est $\frac{75}{(25)^2} \times 0.00075 = 0.0001$, et par conséquent, pour les deux degrés de différence de température constatés pendant mes expériences, l'erreur montait tout au plus à 0.0002.

La température de la liqueur elle-même nous est également tout à fait indifférente, vu que cette liqueur doit toujours être corrigée par l'addition d'eau ou de liqueur plus dense. Un changement de température éprouvé par la liqueur *durant la précipitation d'un même groupe* pourrait seul avoir quelque influence, mais pendant la demi-

heure que dure la séparation d'un groupe, la température reste sensiblement constante.

Un facteur, par contre, qui doit être pris en considération, c'est la dilatation du feldspath pour la différence entre la température de Buitenzorg et la température moyenne d'Europe (15° C.), à laquelle ont été déterminées les densités des feldspaths indiquées dans les livres. Il a été tenu compte de cette influence, ainsi qu'on le verra plus loin.

Après qu'on a déterminé, comme il a été dit, la densité de la liqueur primitive, — supposons-la, par exemple, de 3.005, — il s'agit d'amener cette liqueur, en y ajoutant de l'eau, à la densité par laquelle on doit commencer quand on opère sur un mélange de feldspaths inconnus, c'est-à-dire à 2.740, puisque les anorthites les plus lourdes possèdent une densité de 2.745.

Pour cela, le contenu du petit matras est d'abord reversé dans l'entonnoir à robinet où se trouve le reste de la liqueur, puis on ajoute au moyen d'une pipette un certain nombre de c. c. d'eau, par exemple 5. A l'aide d'une cuiller ou d'une spatule en verre on mélange cette couche d'eau, qui d'abord surnage, avec la liqueur iodurée, et on ne cesse d'agiter que lorsque les filets de liquide plus léger, rendus visibles par la différence de l'indice de réfraction, ont complètement disparu. Pour toute sûreté, nous laissons écouler environ la moitié du liquide dans un petit verre placé sous le robinet, nous l'y agitons encore une fois, et le reversons d'un bon jet sur le liquide resté dans l'entonnoir. L'expérience m'a appris que le mélange est alors parfait, les filets ou stries n'y apparaissent plus, et deux déterminations successives, très soignées, donnèrent pour la densité le même résultat.

L'addition des 5 c. c. d'eau ayant été effectuée de cette manière, nous déterminons la densité du liquide dilué; en supposant, par exemple, qu'on trouve 2.880, les 5 c. c. auront abaissé la densité de 0.125, et 1 c. c. d'eau l'aura donc abaissée de 0.025.

Si ce rapport restait constant, on devrait, pour arriver à la densité voulue de 2.740, ajouter encore environ $5^1/_2$ c. c. d'eau. Mais cette proportionnalité n'existe pas, l'influence de chaque c. c. d'eau diminue

de plus en plus à mesure que le liquide devient plus étendu : on peut donc, cette fois, ajouter d'emblée 6 c. c. et mélanger. Une nouvelle détermination de la densité donnera alors, par exemple, 2.760. L'influence de 1 c. c. d'eau est donc maintenant d'environ 0.020. Comme nous sommes déjà relativement assez près de la densité voulue, nous cessons d'ajouter l'eau par c. c. et n'opérons plus que par *gouttes*, en procédant d'ailleurs tout comme précédemment. Nous ajoutons donc au liquide de 2.760 un certain nombre de gouttes d'eau, par exemple 20, du résultat nous déduisons l'influence de 1 goutte, puis nous suppléons autant de gouttes qu'il en faudrait, à ce taux, pour conduire à la densité voulue de 2.740. De cette manière, toutefois, on arrivera à une densité un peu trop forte, par exemple à 2.743. La différence 0.003 sera supprimée par l'addition du nombre nécessaire de gouttes, dont l'influence aura été déduite des dernières observations.

En y mettant beaucoup de soin, on obtient ainsi la densité voulue avec une exactitude allant presque jusqu'à la quatrième décimale.

Comme le liquide attire parfois de l'eau pendant qu'on opère sur un groupe (attraction, toutefois, qui n'est sensible que dans une atmosphère humide, et qu'on peut notablement diminuer en recouvrant l'entonnoir d'une plaque de verre), il est bon de prendre originairement une densité un peu plus forte ; celle-ci ne doit pourtant dépasser la densité nécessaire que de 0.0005 tout au plus. Pour contrôler cette densité définitive, il faut en faire une seconde détermination, qui ne doit différer de la précédente que d'une couple d'unités de la quatrième décimale.

Si la première détermination a donné, par exemple, 2.7403, et la détermination de contrôle 2.7405, on prend la moyenne 2.7404.

Toute la liqueur se trouvant de nouveau dans l'entonnoir, sauf le contenu du petit matras, qu'on n'y ajoute pas encore, les cristaux de feldspath préalablement pesés, et dont le poids total sera convenablement de 1 à 2 grammes ([1]), sont jetés dans cette liqueur et

([1]) Prend-on moins, les groupes extrêmes deviennent trop petits ; prend-on plus la couche de feldspaths reposant sur le liquide devient trop épaisse, et il peut alors arriver que des cristaux plus lourds soient portés par cette couche plus légère et ne se déposent pas.

agités pendant assez longtemps à l'aide d'une cuiller de verre. L'expérience m'a appris que lorsque le mélange avait été fait avec soin, les cristaux ne retenaient aucune trace d'air adhérent. Pour rendre parfaite leur humectation par le liquide, on verse sur eux, d'un jet assez fort et en continuant d'agiter, le contenu du matras, jusqu'alors réservé. Abandonne-t-on maintenant le liquide à lui-même, quelques cristaux de feldspath (et tous ceux d'anhydrite) se déposent, la plus grande partie viennent surnager, et un certain nombre, qui ont à peu près la densité du liquide, restent en suspension; à ces derniers aussi on doit donner l'occasion de se séparer en plus lourds et plus légers, et pour cela on doit les *laisser en repos pendant au moins un bon quart d'heure*. Au bout de ce temps, il s'est formé entre les cristaux déposés et les cristaux surnageants une couche de liquide clair, de quelques centimètres de hauteur. On recueille alors rapidement, dans un petit verre placé sous l'entonnoir, les cristaux déposés; à cet effet, on ouvre un peu le robinet de verre, d'abord à droite, puis à gauche, et on le referme dès que les derniers des cristaux déposés se sont écoulés. Pour peu que cela soit fait adroitement, aucun des cristaux surnageants ne sera attiré vers le bas par la succion du liquide.

Après cette séparation, il est bon d'agiter encore une fois avec le liquide les cristaux restés dans l'entonnoir, et d'attendre de nouveau un quart d'heure. Ordinairement il en résulte encore un léger précipité de cristaux, qu'on recueille comme les précédents, auxquels ils viennent s'ajouter.

Ensuite, on doit de nouveau déterminer la densité du liquide. Celui-ci ayant attiré un peu d'eau durant l'opération (au moins dans l'atmosphère généralement humide où je travaillais) la densité aura un peu diminué. Comme l'absorption d'eau est très différente, suivant le degré d'humidité atmosphérique, il faut naturellement accorder quelque tolérance. J'ai pris celle-ci = 0.0005, de sorte que, lorsque le dernière densité était 2.7395, la séparation était encore jugée bonne. Le plus souvent, d'ailleurs, l'abaissement produit par l'absorption d'eau ne dépassait pas 0.0002 à 0.0003. Quand, au contraire, la densité

était inférieure à 2.7395, je remettais les cristaux dans l'entonnoir, je relevais la densité du liquide par l'addition d'un peu de liqueur concentrée, et je recommençais toute l'opération de la séparation du groupe. Cela ne fut toutefois nécessaire que pour une couple de groupes. Lorsque la densité dépassait 2.7395, on la contrôlait par une nouvelle détermination. En supposant qu'on ait trouvé pour la première densité 2.7399 et pour la dernière 2.7397, donc en moyenne 2.7398, tous les cristaux de feldspath recueillis dans le petit verre seront plus lourds que 2.7398. On les laisse déposer pendant quelques minutes, on décante dans l'entonnoir la plus grande partie du liquide surnageant, en ayant soin qu'aucun cristal ne soit entraîné, et on procède à la purification et à la pesée de ce groupe feldspathique le plus dense.

A cet effet, on étend d'eau le peu de liquide qui recouvre les cristaux, et lorsqu'ils se sont déposés, ce qui a lieu rapidement, on décante ce liquide étendu. Les cristaux sont alors lavés à différentes reprises avec de l'eau chaude, puis on les rassemble à l'aide du flacon à jet sur un verre de montre, on décante l'eau surnageant, et on les sèche au bain-marie. Finalement, on les transporte à l'aide d'un petit pinceau sur un verre de montre spécial (dont le poids a été déterminé une fois pour toutes), on les pèse exactement (à un dixième de milligramme près) et on les conserve dans une petite boîte ou dans un petit flacon, jusqu'au moment de l'examen ultérieur.

Pour obtenir le groupe feldspathique suivant, il faut amener le liquide dans l'entonnoir à la densité 2.730. Les opérations à faire sont les mêmes que ci-dessus. Ajouter le nombre calculé approximatif de gouttes d'eau, déterminer la densité, ajouter les dernières gouttes nécessaires pour arriver à la densité voulue, qu'on doit de nouveau prendre un peu au-dessus de 2.730, contrôler la densité par une nouvelle détermination. Bien agiter les cristaux dans le liquide, laisser reposer un quart-d'heure, recueillir le dépôt, agiter les cristaux restés dans l'entonnoir et voir s'il s'opère encore une légère précipitation subséquente. Détermination de la densité (qui ne doit pas être inférieure à 2.7295) et détermination de contrôle. En supposant que la moyenne de ces deux dernières déterminations soit 2.7301, le groupe

feldspathique recueilli sera compris entre 2.7398 et 2.7301, nombres très peu différents des limites exactes 2.740 et 2.730.

Il faut remarquer encore que, lors de la première pesée, on n'a pas besoin d'attendre, pour remplir le matras, que les cristaux soient complètement déposés; après la première addition d'eau, en quantité approximative, la plus grande partie des cristaux du groupe se précipitent; on ne les laisse se déposer que pendant une couple de minutes, puis on les recueille rapidement dans un petit verre, où quelques cristaux plus légers les suivent inévitablement. Du liquide resté dans l'entonnoir, et qui est plein de petits cristaux en suspension, on emplit le matras, et on pèse celui-ci, après affleurement au repère, avec les cristaux qui y nagent; ces cristaux ayant à peu près la même densité que le liquide contenu dans le matras, ils n'exercent pas d'influence. Lorsque plus tard on vide le matras dans l'entonnoir, il est facile de faire écouler, avec le liquide, tous les cristaux qui s'y trouvent. Entretemps, les cristaux recueillis dans le petit verre ont pu se déposer en partie; on reverse dans l'entonnoir le liquide contenu dans ce verre, avec les quelques cristaux plus légers qui y flottent ou y nagent, de sorte qu'il ne reste plus que les cristaux les plus lourds.

Pour économiser le temps, il convient d'opérer chaque fois le séchage et la pesée des divers groupes de feldspaths dans les intervalles où le liquide doit être abandonné au repos.

On comprend, sans autre explication, que pour les groupes les plus riches en cristaux la séparation doit être effectuée avec une exactitude particulière; le moindre écart par rapport à la densité voulue donne alors une différence notable dans le poids des cristaux précipités. Une séparation préliminaire et plus grossière ayant montré que la plupart des cristaux feldspathiques avaient des densités comprises entre 2.700 et 2.640, la séparation entre ces limites a été exécutée avec un soin extrême; on a notamment laissé aux cristaux beaucoup plus de temps pour se déposer, de sorte que ces six groupes seuls ont pris plus d'une journée.

Je dois répéter encore que les conditions essentielles, dont dépend le succès de l'opération, sont 1° de laisser le liquide se reposer parfaitement (si un quart d'heure n'est pas trouvé suffisant, on attendra

plus longtemps) et 2° d'affleurer rigoureusement au trait de jaugé du petit matras. Quant aux pesées mêmes du matras rempli, elles peuvent, comme il a été dit, s'exécuter assez rapidement, surtout parce que ce sont toujours à peu près les mêmes poids qui restent sur la balance.

Faite de la manière décrite, la séparation des feldspaths en groupes, dont la densité s'élève successivement de 0.01 avec tout au plus 0.0005 de jeu, est très exacte et peut, moyennant quelque routine, s'achever en une couple de jours.

Un grand perfectionnement serait apporté à la méthode par l'emploi, recommandé par M. Goldschmidt, d'*indicateurs* possédant exactement les densités voulues. On éviterait ainsi les nombreuses pesées, et il suffirait d'ajouter chaque fois avec précaution de l'eau (ou de la liqueur étendue) à la dissolution de biiodure, jusqu'à ce que l'indicateur reste en suspension. J'ai essayé de me procurer de pareils indicateurs en prenant un grand nombre (environ un millier) de petits fragments, de la grosseur d'un pois, de toutes sortes de roches, les introduisant dans la liqueur de Thoulet concentrée, amenant celle-ci par l'addition d'eau aux densités successives 2.740, 2.730, etc., retirant à mesure les fragments qui restaient suspendus dans le liquide, et les employant comme indicateurs. Mais, lorsque au bout de quelques jours je déterminai de nouveau la densité de ces indicateurs, il se trouva que presque tous étaient devenus plus lourds et présentaient des différences de plus de 0.01 avec la densité primitive, de sorte qu'on ne pouvait en faire aucun usage. Cela doit probablement s'expliquer par la présence, dans les fragments, de petites fissures, qui au moment de l'opération contenaient de l'air, mais où pénétra ensuite la liqueur lourde.

Peut-être obtiendrait-on de meilleurs indicateurs en coulant, d'une série d'espèces de verre à composition différente, un grand nombre de petites boules, et en choisissant celles qui se tiendraient exactement en suspension dans des liquides de 2.740, 2.730, etc. Comme le verre à vitres ordinaire (verre à base de soude et de chaux) a une densité de 2.5, et le verre flint (verre à base de potasse et d'oxyde de plomb) une densité de 3.5, on peut, par leur mélange en diverses

proportions, former des verres de toute densité comprise entre les densités extrêmes des feldspaths, savoir, 2.75 et 2.54.

Il est à noter finalement que les auteurs, en donnant les densités des feldspaths, n'indiquent pas toujours la température à laquelle elles se rapportent. Pour l'Europe, on peut admettre que les densités ont été déterminées, en moyenne, à la température de 15° C. Comme la température à laquelle j'opérais à Buitenzorg était en moyenne de 27° C., par conséquent de 12° C. plus élevée qu'en Europe, et que pour cette différence la dilatation cubique des feldspaths diffère peu de 0.0005, il en résultait une influence d'environ 0.001 sur la densité des feldspaths; en conséquence, dans mes séparations, j'ai pris, au lieu des densités 2.740, 2.730, etc. précédemment indiquées, les densités 2.739, 2.729, etc. En Europe, une semblable correction sera ordinairement superflue.

Résultats des séparations. La séparation des feldspaths d'après leur densité repose entièrement sur ce principe, que ce sont des *mélanges isomorphes*, et *non*, comme on l'admettait autrefois, des combinaisons chimiques définies et à proportions fixes (sels doubles); dans ce dernier cas, en effet, leurs propriétés physiques, leur densité notamment, ne changeraient pas d'une manière continue avec la composition chimique, mais présenteraient des anomalies capricieuses, de sorte qu'il serait impossible de déduire la composition chimique de l'observation des propriétés physiques.

D'après l'état actuel de nos connaissances au sujet des feldspaths, ces minéraux nous offrent un des exemples les plus caractéristiques d'une série isodimorphe, ainsi que l'a nettement établi, le premier, M. Groth (*Tabellarische Uebersicht der einfachen Mineralien*). En substance, voici ce qui a lieu.

Chacune des trois combinaisons:

$K_2Al_2Si_6O_{16}$ (feldspath potassique)
$Na_2Al_2Si_6O_{16}$ (feldspath sodique)
$Ca_2Al_4Si_4O_{16}$ (feldspath calcique)

peut cristalliser tant dans le système monoclinique que dans le

système triclinique. Théoriquement, *tout* mélange quelconque de ces trois combinaisons pourrait donc se présenter aussi bien sous forme monoclinique que sous forme triclinique. Dans la réalité, toutefois, les choses se passent un peu autrement, parce que le feldspath à chaux et le feldspath à soude cristallisent de préférence dans la forme triclinique, le feldspath à potasse de préférence dans la forme monoclinique. Un mélange de feldspath à chaux et à soude avec un peu de feldspath à potasse cristallisera donc dans le système triclinique, parce que les deux prèmiers forcent en quelque sorte le feldspath à potasse de prendre sa forme triclinique moins stable. Par contre, un feldspath à potasse pourra contenir un peu de feldspath à chaux ou à soude et néanmoins cristalliser dans le système monoclinique, parce qu'il impose à ces deux derniers feldspaths leur forme la moins stable, la forme monoclinique.

De toutes les combinaisons théoriquement possibles entre les trois feldspaths, on n'a jusqu'ici rencontré dans la nature, que les suivantes:

1. Feldspath triclinique à chaux et à soude dans toutes les proportions possibles, depuis l'anorthite pure jusqu'à l'albite pure, parfois sans mélange de feldspath à potasse, mais ordinairement avec une faible quantité (quelques centièmes seulement) de ce feldspath.
2. Feldspaths tricliniques à soude et à potasse (dits plagioclases à potasse); le feldspath à soude y prédomine, et ils ne contiennent qu'une proportion médiocre (en général 12%) de feldspath à chaux. Ils ont été étudiés surtout par M. Foerstner dans les andésites de Pantelleria (*Zeitschr. für Krystall.*, VIII, p. 123).
3. Feldspaths monocliniques à potasse et à soude (dits orthoclases à soude ou sanidines à soude). Ils contiennent le plus souvent une proportion dominante de feldspath à potasse et sont ordinairement à peu près purs de chaux. A ce groupe appartiennent les sanidines sodifères, qui par la diminution de leur teneur en soude passent au feldspath monoclinique à potasse presque pur.
4. Feldspath triclinique à potasse (microcline), presque toujours mêlé d'un peu de feldspath triclinique à chaux et à soude. Cette variété, découverte par M. Descloizeaux, n'a été trouvée jusqu'ici que dans des roches anciennes.

Les feldspaths monocliniques à chaux et à soude, théoriquement possibles, n'ont pas été rencontrés, pas plus que les feldspaths à chaux et à potasse, sans soude; de même, on ne trouve presque pas de plagioclases riches en potasse, qui ne soient pas situés au voisinage de l'albite.

Dans notre cas, celui de la cendre du Krakatau, nous avons affaire, comme on le verra plus loin, à des feldspaths appartenant aux trois premiers des groupes qui viennent d'être indiqués.

Les plagioclases sont encore souvent considérés comme des mélanges simples de feldspath à chaux et de feldspath à soude; en réalité, pourtant, il y entre aussi toujours du feldspath à potasse. De nombreuses analyses chimiques ont prouvé que beaucoup de plagioclases, qui en lumière polarisée se montrent optiquement homogènes, n'en contiennent pas moins de la potasse, laquelle ne s'est donc pas déposée séparément comme feldspath à potasse monoclinique, mais a nécessairement cristallisé comme feldspath à potasse triclinique, isomorphe avec les feldspaths à soude et à chaux. On doit donc regarder tout plagioclase potassifère homogène comme un mélange isomorphe de feldspath triclinique à chaux (anorthite), de feldspath triclinique à soude (albite) et de feldspath triclinique à potasse (microcline).

La densité d'un mélange de deux éléments isomorphes s'obtient en prenant la moyenne arithmétique des densités de ces éléments ([1]). Soit S la densité du mélange isomorphe, et admettons qu'il contienne en volume a pour cent de l'un des éléments (densité $= s_1$) et 100 — a pour cent de l'autre (densité $= s_2$); on a alors:

$$S = \frac{a\ s_1 + (100 - a)\ s_2}{100}$$

ou:

$$S = \frac{s_1 - s_2}{100}\ a + s_2 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

Comme s_1 et s_2 sont des constantes, la densité d'un mélange isomorphe quelconque de deux éléments n'est liée que par une simple équation du premier degré à la proportion centésimale d'un de ces éléments.

([1]) Cela n'est vrai, bien entendu, que s'il n'y a pas eu contraction, hypothèse qui dans notre cas des feldspaths, après les recherches de M. Tschermak, peut être admise.

Représentée graphiquement, les proportions centésimales en volume d'un des éléments étant prises pour abscisses et les densités respectives pour ordonnées, l'équation précédente (1) devient une ligne droite, de sorte que, lorsqu'on a déterminé la densité d'un mélange isomorphe formé de deux éléments, on peut lire immédiatement sa composition.

Quand un mélange isomorphe est formé de *trois* éléments fondamentaux, dont les densités sont s_1, s_2 et s_3, et les proportions centésimales en volume a, b et 100 — a — b, la densité cherchée du mélange est:

$$S = \frac{a\ s_1 + b\ s_2 + (100 - a - b)\ s_3}{100}$$

ou:

$$S = \frac{s_1 - s_3}{100}\ a + \frac{s_2 - s_3}{100}\ b + s_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ (2).$$

Nous avons donc, dans ce cas, une équation du premier degré entre trois variables S, a et b. Si on la représente graphiquement, en portant les variables sur trois axes perpendiculaires l'un à l'autre, par exemple a sur l'axe des x, b sur l'axe des y et S sur l'axe (vertical) des z, on obtient un plan.

Veut-on déterminer ce plan et son équation pour les feldspaths tricliniques, on peut, théoriquement, prendre pour point de départ trois plagioclases quelconques, dont la composition chimique et la densité soient connues. Comme celles-ci, toutefois, comportent toujours quelque incertitude, par suite d'erreurs de détermination, le mieux sera évidemment de prendre les trois termes extrêmes, savoir, l'anorthite, l'albite et le microcline purs. Pour ces trois espèces, les meilleures valeurs de la densité me paraissent être les suivantes:

D'abord, pour l'albite, la densité de l'albite sans potasse ni chaux récemment trouvée au Kasbek, dans le Caucase, et décrite par M. Baerwald (*Zeitschr. für Kristall.*, VIII, p. 48); cette densité est de 2.618. Cette valeur s'accorde bien avec la densité 2.62 de plusieurs autres albites, presque pures de potasse et de chaux, déterminée par différents minéralogistes.

En ce qui concerne le microcline, celui de Magnet-Cove (Arkansas), étudié par M. Descloizeaux (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, IX, 1876), se rapproche plus que tout autre du feldspath potassique pur; il ne contient que 0.48% Na_2O. Sa densité est de 2.540. Ce

chiffre n'est pas aussi sùr que le précédent, mais cela n'a que très peu d'influence dans notre cas, où il s'agit de feldspaths pauvres en potasse.

Beaucoup plus incertaine est la densité de l'anorthite théoriquement pure. Un simple coup d'oeil jeté sur les densités des diverses anorthites citées par M. Rammelsberg (*Mineralchemie*, p. 556) y fait reconnaître de grandes différences, qui doivent être attribuées en grande partie à un commencement d'altération de l'anorthite. J'ai adopté pour l'anorthite pure, exempte de soude, la densité 2.745, et cela d'après l'examen optique des feldspaths du Krakatau; cet examen m'a appris, en effet, que les deux groupes des feldspaths les plus lourds (densité 2.745—2.740 et 2.740—2.730) présentent des extinctions d'environ 36° sur M et de 27° à 34° sur P, de sorte qu'ils appartiennent indubitablement au groupe de l'anorthite. J'ai donné au chiffre 2.745 la préférence sur les chiffres plus élevés, 2.758 et 2.76, donnés respectivement par M. Tschermak et par M. Websky (*Die Mineralspecies nach den sp. Gew.*). M. Goldschmidt (*l. c.*, p. 212) a admis, comme résultat de ses déterminations, la valeur 2.75, qui concorde assez bien avec celle à laquelle je me suis arrêté [1].

M. Tschermak, dans son mémorable travail sur les feldspaths, avait déjà fait usage de l'isomorphisme de ces minéraux pour calculer leur densité à l'aide de leur composition chimique. Il regardait toutefois les plagioclases comme des feldspaths sodico-calciques purs, et admettait que le feldspath potassique, qu'ils contiennent, s'y trouve sous la forme *monoclinique* et simplement soudé au plagioclase. Pour l'albite et l'anorthite il prenait les densités 2.624 et 2.758, chiffres que j'ai cru devoir remplacer, pour les raisons mentionnées, par 2.618 et 2.745.

En substituant les trois valeurs adoptées (2.745, 2.618 et 2.540) dans la formule (2), on obtient pour la densité des plagioclases, exprimée en fonction de la proportion centésimale en volume, d'anorthite (a) et de microcline (b):

---

(1) Sinon comme preuve directe, au moins comme argument en faveur de l'exactitude de la densité 2.745 pour l'anorthite, on peut encore faire remarquer que, tous les feldspaths possibles ayant été rencontrés dans mes recherches, il est improbable que l'anorthite pure ait manqué. Or, les premiers feldspaths commençant à se précipiter très vite après que la liqueur a été abaissée à 2.745, il en résulte, avec une assez grande certitude, que ce chiffre est celui de l'anorthite pure.

$$S = 0.00127\ a - 0.00078\ b + 2.618 \ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Pour les plagioclases exempts de potasse, l'équation devient:

$$S = 0.00127\ a + 2.618 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)\ (^1).$$

Rigoureusement parlant, a, b et 100 — a — b représentent ici les proportions centésimales en volume d'anorthite, de microcline et d'albite; mais la seconde formule reste applicable si, au lieu des proportions en volume, on prend les proportions en molécules. L'erreur maxima qui peut être commise, à raison de cette substitution, n'est que de 0.34%, et cela pour une teneur en anorthite de 49.82 centièmes moléc.; pour toutes les autres valeurs de la teneur en anorthite l'erreur est moindre, et pour 0% et 100% elle se reduit, bien entendu, à 0.

Si dans le plagioclase il entre du feldspath à potasse, les différences, dans le cas du maximum, seront un peu plus fortes; mais, comme la teneur en potasse des plagioclases ne s'élève qu'à quelques centièmes, on n'a pas, dans ce cas non plus, à distinguer entre les proportions en volume et les proportions en molécules (²).

Lorsqu'on a déterminé la densité d'un mélange isomorphe des trois feldspaths tricliniques, on ne peut pas en déduire la composition chimique de ce mélange, puisqu'il y a naturellement un nombre infini de combinaisons de a et b qui satisfont à l'équation (3); ces combinaisons trouvent leur expression dans la projection sur le plan

(¹) Une équation semblable à (3), mais probablement à constantes un peu autres, existera naturellement aussi pour les feldspaths *monocliniques*. Ceux-ci ne contenant toutefois qu'une quantité très faible de CaO (laquelle, dans les cristaux optiquement homogènes, se trouve donc à l'état de feldspath monoclinique à chaux), on pourra pour ces feldspaths se contenter d'une équation entre S et b (b = proportion centésimale du feldspath monoclinique à potasse, 100 — b = prop. cent. du feldspath monoclinique à soude); la ligne droite qui correspond à cette équation est donc la représentation graphique du rapport entre la densité et la composition des sanidines sodifères.

(²) M. Tschermak (*l. c.*, p. 578) se sert des proportions en molécules et de la formule:

$$S = \frac{a^1\ M_1 + (100 - a^1)\ M_2}{a^1 \frac{M_1}{s_1} + (100 - a^1) \frac{M_2}{s_2}}$$

où a^1 et 100 — a^1 désignent les proportions centésimales en molécules de l'anorthite et de l'albite, M_1 et M_2 leurs poids moléculaires, s_1 et s_2 leurs densités. L'équation représente une branche d'hyperbole, qui se confond presque avec la droite qu'on obtient en faisant usage des proportions en volume. On arrive aussi à la même équation (4) en développant l'équation de M. Tschermak en série et négligeant les puissances deuxième et supérieures de a^1 (qui n'ont d'influence, tout au plus, que sur la 4e décimale).

des $x\ y$ de la droite résultant de l'intersection du plan (3) par un plan horizontal mené à la hauteur z = S au-dessus du plan des $x\ y$.

Comme il a été dit ci-dessus que la plupart des plagioclases sont des mélanges isomorphes des *trois* feldspaths tricliniques, le calcul de leur composition, fondé sur la détermination de leur densité ou sur leur séparation d'après cette densité, serait donc impossible, si une circonstance heureuse ne nous venait en aide. Cette circonstance, c'est que le feldspath à potasse, bien que ne manquant presque jamais dans les plagioclases, y entre le plus souvent en proportion *très faible*, et ordinairement pour quelques centièmes seulement.

Ce contenu en potasse n'en aura pas moins, à cause de la faible densité du microcline (2.54), une influence sensible sur la densité des plagioclases et par conséquent sur la composition qui s'en déduit. On peut apprécier cette influence de la manière suivante.

La proportion de potasse des plagioclases du Krakatau, qui doit être attribuée à du microcline isomorphe associé par cristallisation (et qui est donc égale à la proportion totale de K_2O des feldspaths du Krakatau, moins la proportion de K_2O des sanidines) peut être évaluée avec assez de certitude, comme on le verra plus tard, à 1%, ce qui correspond à 6% de microcline. Au lieu de la formule des feldspaths sodico-calciques purs:

$$S = 0.00127\ a + 2.618 \qquad (4)$$

nous pouvons donc employer la formule (3), en y prenant pour la proportion du microcline b le nombre fixe 6, par conséquent:

$$S = 0.00127\ a - (0.00078 \times 6) + 2.618 \qquad (5).$$

De la formule (4) on tire pour la proportion d'anorthite

$$a = \frac{S - 2.618}{0.00127}$$

et de la formule (5)

$$a = \frac{S - 2.618 + 0.00468}{0.00127}.$$

La différence de ces deux valeurs de a, $\frac{0.00468}{0.00127} = 3.7$, est donc une correction constante, dont le montant doit être ajouté à la proportion d'anorthite calculée au moyen de la formule (4).

Nous supposons ici, bien entendu, que la proportion de 6% de microcline est propre à chacun des différents plagioclases; en réalité cela ne sera pas le cas, l'un des plagioclases en contiendra par exemple 4%, l'autre 8%. Ainsi, les feldspaths basiques (anorthite, bytownite) sont probablement plus pauvres en potasse, les feldspaths acides (oligoclase, albite) plus riches. En opérant la correction de 3.7% An, fondée sur la supposition d'une teneur constante de 6% en microcline, on est donc sûr de commettre une inexactitude; néanmoins, j'ai cru devoir m'y tenir, parce que de cette manière on se rapproche plus de la vérité qu'on ne le ferait en ommettant entièrement cette correction.

Ce qui vient d'être dit ne s'applique toutefois qu'à la *majorité* des plagioclases du Krakatau. On sait, en effet, par les recherches de M. Foerstner, qu'au voisinage de l'albite se trouvent des plagioclases plus riches en potasse, qui contiennent de 15 à 30% de feldspath potassique et ordinairement moins de 10% de feldspath à chaux. Leurs densités sont intermédiaires entre celle de l'albite (2.618) et celle du microline (2.540). Quand la proportion de potasse augmente, on voit apparaître aussi des feldspaths monocliniques, savoir des sanidines sodifères, dont les densités sont également comprises entre ces mêmes limites.

Pour les plagioclases à potasse, la circonstance favorable dont il a été question ci-dessus — savoir, de ne contenir que peu de potasse — n'existe naturellement pas; on est alors en présence du cas défavorable où les éléments feldspathiques sont tous les trois largement représentés, de sorte que la détermination de la composition chimique au moyen de la densité cesse d'être possible. Aussi n'y a-t-il que peu de valeur à attacher à la séparation en groupes du feldspath à densité < 2.62, et pourrait-on très bien, au-dessous de ce chiffre 2.62, réunir tous les feldspaths en une seule et même pesée. Tout au plus conviendrait-il d'opérer une séparation vers 2.590, parce que les sanidines à soude se trouvent le plus souvent entre 2.59 et 2.54, et les plagioclases à potasse ordinairement entre 2.62 et 2.59. Dans la cendre du Krakatau, heureusement, ces deux espèces n'entrent qu'en faible quantité, et elles n'exercent donc presque pas d'influence sur la composition moyenne de nos feldspaths.

Numéro d'ordre des groupes.	I. Limites des densités.	II. Poids en milligrammes.	III. poids en centièmes du poids total des feldspaths.	IV. Densité moyenne des groupes.
1	2.745 — 2.740	0.8	0.040%	2.742
2	2.740 — 2.730	7.2	0.361	2.735
3	2.730 — 2.720	4.0	0.201	2.725
4	2.720 — 2.710	6.6	0.331	2.715
5	2.710 — 2.700	36.5	1.832	2.705
6	2.700 — 2.690	146.8	7.368	2.695
7	2.690 — 2 680	299.5	15.032	2.685
8	2.680 — 2 670	364.3	18.284	2.675
9	2.670 — 2.660	206.2	10.351	2.665
10	2.660 — 2.650	341.0	17.115	2.655
11	2.650 — 2.640	326.6	16.392	2.645
12	2.640 — 2.630	110.5	5.546	2.635
13	2.630 — 2.620	72.3	3.629	2.625
14	2.620 — 2.610	34.8	1.747	2.615
15	2.610 — 2.600	6.1	0.306	2.605
16	2.600 — 2.590	11.5	0.577	2.595
17	2 590 — 2.580	7.5	0.376	2.585
18	2.580 — 2.570	4.4	0.221	2.575
19	2.570 — 2.560	2.9	0.146	2.565
20	2.560 — 2.550	0.9	0.045	2.555
21	2 550 — 2.540	2.0	0.100	2.545
		1992.4 milligrammes.	100.000%	

Krakatau d'après leur densité.

V. Composition moyenne de chacun des groupes, exprimée en centièmes moléculaires d'An.		VI. Proportion, en centièmes moléculaires d'Ab et d'An, de chacun des groupes feldspathiques.		
a. calculée par la formule: S = = 0.00127 a + 2.618.	*b.* après application de la correction de 3.7% An.	Cent. moléc. d'Ab.		Cent. moléc. d'An.
97.5% An.	100.0% An.	0		0.040
92.1	95.8	0.015		0.346
84.3	88.0	0.024		0.177
76.4	80.1	0.066		0.265
68.5	72.2	0.509		1.323
60.6	64.3	2.630		4.738
52.8	56.5	6.539	57.007	8.493
44.9	48.6	9.398		8.886
37.0	40.7	6.138		4.213
29.1	32.8	11.501		5.614
21.3	25.0	12.294		4.098
13.4	17.1	4.598		0.948
5.5	9.2	3.295		0.334
0	0	1.747		
		0.306		39.475 centièmes moléc. d'An.
		0.577		
		0.376	3.518	
		0.221		
		0.146		
		0.045		
		0.100		
		60.525 centièmes moléc. d'Ab.		

Le résultat de la séparation des feldspaths du Krakatau d'après leur densité est consigné dans le tableau ci-dessus, où l'on trouve: dans la colonne I, les deux limites de la densité de chacun des groupes de feldspaths; en II, le poids en milligrammes de chaque groupe; en III, la proportion de chaque groupe, en centièmes du poids total des feldspaths; en IV, la densité moyenne de chaque groupe; en V, la composition moyenne de chaque groupe, déduite de cette densité et exprimée en centièmes moléculaires d'anorthite; en V*a* cette composition est calculée comme si l'on n'avait affaire qu'à des feldspaths sodico-calciques purs, par conséquent d'après la formule $S = 0.00127\ a + 2.618$; en V*b*, au contraire, la correction de 3.7% An, due à la teneur moyenne en potasse, a été appliquée à chacun des chiffres de V*a*. En VI, finalement, on trouve la proportion, en centièmes moléculaires d'albite et d'anorthite, de chacun des groupes par rapport à la quantité totale des feldspaths; les chiffres de l'anorthite, dans cette colonne VI, ont été obtenus en multipliant les chiffres de V*b* par les chiffres correspondants de la colonne III et en devisant le produit par 100. Les groupes feldspathiques plus légers que 2.620 ont été portés en compte comme albite pure.

De ce tableau ressortent les points suivants:

1. Tous les plagioclases possibles, de la densité 2.745 à la densité 2.620, c'est-à-dire, tous les feldspaths à chaux et à soude, depuis l'anorthite pure jusqu'à l'albite pure, sont représentés, et on n'a donc pas affaire, comme il est souvent admis, à une espèce unique, bien déterminée. La présence de plagioclases de *toutes les densités possibles* est, en même temps, une confirmation de la théorie de M. Tschermak, suivant laquelle les plagioclases seraient des mélanges isomorphes en proportions indéfiniment variées, de sorte qu'il faudrait renoncer à l'idée ancienne, encore sontenue par des géologues français (M. Fouqué, M. Michel-Lévy), de l'existence d'un petit nombre de plagioclases, cinq seulement, ayant chacun une composition constante. Dans cette hypothèse en effet (puisque ces combinaisons fixes devraient avoir chacun une densité fixe), nous n'aurions pu obtenir par nos séparations que cinq groupes de feldspaths.

2. La masse principale (85%) des feldspaths se place entre les densités 2.700 et 2.640, par conséquent, entre deux plagioclases contenant respectivement 68.3 et 21 centièmes moléculaires d'anorthite; en grande majorité ils appartiennent donc aux labradors, aux andésines et aux oligoclases, tandis que les feldspaths très acides et les feldspaths très basiques ne sont que peu représentés ([1]). Un fait intéressant, c'est la présence de vraies albites; celles-ci peuvent donc, tout comme les autres feldspaths, se séparer d'un magma fondu, et non pas exclusivement, comme on l'admettait assez généralement jadis, d'une dissolution aqueuse, dans des fissures ou des cavités.
3. Outre les feldspaths tricliniques à chaux et à soude, on rencontre aussi des plagioclases à potasse tricliniques, ainsi que des sanidines sodifères monocliniques et des sanidines presque pures, toutes comprises entre les densités 2.620 et 2.540.
4. En ce qui concerne le partage de la quantité totale de *potasse* entre les différents feldspaths, on voit directement qu'une petite fraction seulement de cet alcali est réclamée par les plagioclases à potasse et par les sanidines, et que la très grande partie doit être attribuée au feldspath triclinique à potasse associé par cristallisation, comme élément isomorphe, à la masse principale des feldspaths à chaux et à soude (densité > 2.62). Bien qu'il ne soit pas possible de calculer la quantité de potasse contenue dans les feldspaths à densité < 2.62, l'estimation suivante pourra en donner une idée. Dans ses plagioclases de Pantelleria, M. Foerstner a ordinairement trouvé 4% K_2O, quelques-uns seulement en renfermaient 5%. Prenons ce dernier chiffre pour la moyenne de nos plagioclases à potasse. Ceux-ci se trouvent en majeure partie

([1]) Pour la dénomination des plagioclases, j'ai suivie la distribution originelle de M. Tschermak, savoir:

Albite	: Ab — $Ab_8\ An_1$	(0— 11.1% moléc. d'An).
Oligoclase	: $Ab_8\ An_1$ — $Ab_2\ An_1$	(11.1— 33.3% d'An).
Andésine	: $Ab_2\ An_1$ — $Ab_1\ An_1$	(33.3— 50 % d'An).
Labrador	: $Ab_1\ An_1$ — $Ab_1\ An_2$	(50 — 66.6% d'An).
Bytownite	: $Ab_1\ An_2$ — $Ab_1\ An_8$	(66.6— 88.9% d'An).
Anorthite	: $Ab_1\ An_8$ — An	(88.9—100 % d'An).

entre les densités 2.62 et 2.59, leur poids s'élève à 2.6% du poids total des feldspaths du Krakatau, et leur contenu en potasse est donc 0.026 × 5 = 0.13% de la composition chimique totale. Entre 2.59 et 2.54 se placent les sanidines à soude et les sanidines pures, dont le poids est 0.9% de celui de l'ensemble des feldspaths. Admettons qu'elles consistent uniquement en feldspath à potasse; celui-ci contient 17% K_2O, de sorte que la potasse des sanidines formerait 0.009 × 17 = 0.15% de la matière feldspathique totale. On voit que le contenu en K_2O des feldspaths à densité < 2.62, estimé très largement, ne s'élève qu'à 0.13 + 0.15 = 0.28%. Comme j'ai trouvé 1.22% pour le contenu en K_2O de l'ensemble des feldspaths du Krakatau, il reste encore, pour les plagioclases à densité > 2.62, environ 1% K_2O, c'est-à-dire la partie de beaucoup la plus grande du contenu total.

5. Les résultats de la séparation des feldspaths d'après leur densité permettent de calculer la composition chimique moyenne de l'ensemble des feldspaths. Provisoirement, on peut négliger le contenu en K_2O, et considérer tous les feldspaths comme des feldspaths à chaux et à soude (les feldspaths à densité < 2.620 étant donc comptés pour albite pure). On obtient alors une composition moyenne (voir le tableau) de 60.525 molécules d'albite et 39.475 molécules d'anorthite, ce qui revient, en *poids*, à 59.06 parties d'Ab et 40.94 parties d'An [1].

De là se déduit la composition:

SiO_2	=	58.11%.
Al_2O_3	=	26.70
CaO	=	8.22
Na_2O	=	6.97
		100.00%.

Introduit-on maintenant les 1.22% K_2O, à la place d'une quantité équivalente de Na_2O, la composition devient, après réduction à 100:

---

(1) Le poids moléculaire de l'albite = 525, celui de l'anorthite = 558.

$SiO_2 = 57.87\%$.
$Al_2O_3 = 26.59$
$CaO = 8.19$
$Na_2O = 6.13$
$K_2O = 1.22$
100.00%.

Il y a accord très satisfaisant entre ces chiffres et ceux que donne l'analyse chimique directe des feldspaths, ainsi qu'on le verra plus loin.

Enfin, on peut encore calculer la composition chimique de la *masse principale* (85%) des feldspaths, savoir, de ceux qui sont compris entre les limites 2.700 et 2.640. On obtient alors:

$SiO_2 = 57.29\%$.
$Al_2O_3 = 27.25$
$CaO = 8.86$
$Na_2O = 6.60$
100.00%.

ou, en tenant compte de la proportion de 1% de K_2O, que ces plagioclases possèdent en moyenne:

$SiO_2 = 57.09\%$.
$Al_2O_3 = 27.16$
$CaO = 8.83$
$Na_2O = 5.92$
$K_2O = 1.00$
100.00%.

On remarquera que ces chiffres diffèrent peu de ceux qui se rapportent à la quantité totale du feldspath.

6. Pour représenter graphiquement les résultats de la séparation des feldspaths d'après leur densité, on prendra pour abscisses les densités décroissant par intervalles égaux de 0.01, et au milieu de chacun de ces intervalles on portera, comme ordonnées, les poids des groupes respectifs. On obtient ainsi une courbe en forme d'onde, qui d'abord reste rapprochée de l'axe horizontal, pour s'élever rapidement vers 2.710, s'abaisser rapidement vers

2.640 et finalement se terminer de nouveau près de l'axe horizontal. La partie fortement inclinée de l'onde montre vers 2.66 une dépression, et la courbe ne presente donc pas un maximum unique, mais deux maxima, vers 2.675 ét 2.655, séparés par un minimum vers 2.665.

La forme en question paraît réellement être caractéristique pour les feldspaths du Krakatau, car une séparation préliminaire effectuée avec moins de soin, sur une autre portion de feldspaths, avait conduit à la même courbe en onde, à extrémités horizontales, et présentant aussi, dans sa partie inclinée, une brisure vers 2.665.

Cette séparation préliminaire, pour laquelle on employa environ 1 gramme de feldspaths purs, eut lieu en groupes dont la différence de densité était de 0.02, avec une tolérance de ± 0.002. Les feldspaths situés entre 2.69 et 2.63 furent seuls séparés à intervalles de 0.01. Les résultats ainsi obtenus sont les suivants

Groupes (Densité).	Centièmes du poids total des feldspaths.
2.75 — 2.73	0.3
2.73 — 2.71	1.9
2.71 — 2.69	7.2
2.69 — 2.68	18.8
2.68 — 2.67	16.9
2.67 — 2.66	11.9
2.66 — 2.65	19.8
2.65 — 2.64	8.6
2.64 — 2.63	3.9
2.63 — 2.61	6.1
2.61 — 2.59	2.5
2.59 — 2.57	0.9
2.57 — 2.55	0.6
Densité < 2.55	0.6
	100.0

Cette séparation ne mérite pas la même confiance que celle, beaucoup plus exacte, dont j'ai donné les détails plus haut. Non seulement la tolérance accordée pour la densité y est deux fois aussi grande, mais — et c'est là la cause principale d'inexactitude — les feldspaths furent recueillis trop rapidement, de sorte qu'ils n'avaient pas le temps de se séparer complètement, et que par suite chaque groupe y était souillé de feldspaths des deux groupes voisins. J'ai néanmoins mentionné les résultats obtenus, d'abord pour faire voir qu'après une pareille séparation, plus grossière et d'une exécution beaucoup plus rapide, les traits caractéristiques de la courbe des feldspaths s'accusent déjà; en second lieu, pour montrer qu'en calculant à l'aide de ces résultats la composition chimique moyenne des feldspaths, on arrive à des nombres qui ne diffèrent presque pas de ceux obtenus par la séparation exacte. Ces résultats conduisent, en effet, au rapport de 61.10 molécules d'albite pour 38.90 molécules d'anorthite, équivalant, en poids, à 59.64 parties d'Ab et 40.36 parties d'An.

De ce rapport on déduit, pour la composition chimique:

SiO_2	=	58.25%.
Al_2O_3	=	26.60
CaO	=	8.10
Na_2O	=	7.04
		99.99%.

ou, en admettant de nouveau une teneur en potasse de 1.22%:

SiO_2	=	58.01%.
Al_2O_3	=	26.49
CaO	=	8.07
Na_2O	=	6.21
K_2O	=	1.22
		100.00%.

Examen optique des feldspaths. Les déterminations exactes de M. Schuster (¹), au sujet de la grandeur des angles d'extinction des feldspaths tricliniques, sur les plans de clivage parallèles à oP (P) et à ∞P$\breve{\infty}$ (M), ont mis fin à la confusion qui régnait à cet égard.

Plusieurs observateurs, surtout M. Descloizeaux, s'étaient déjà occupés de l'étude optique des plagioclases, mais M. Schuster est le premier qui ait procédé suivant un système fixe. Pour un grand nombre de plagioclases, dont la composition chimique était connue ou fut déterminée avec soin par lui-même, il mesura les angles d'extinction sur P et sur M. Son grand mérite est d'avoir, le premier, eu égard au *signe* de l'extinction, caractère dont l'omission avait donné lieu aux anomalies les plus bizarres. Ayant mis ses observations sous la forme graphique (en prenant pour abscisses les contenus pour cent en molécules d'anorthite, et pour ordonnées les angles d'extinction sur P et sur M), il obtint deux séries de points, tous situés sur deux courbes continues, ce qui répondait aux objections élevées par M. M. Descloizeaux et Michel-Lévy contre la théorie feldspathique de M. Tschermak, et fournissait en outre un exellent moyen pour déterminer la composition des feldspaths à chaux et à soude, à l'aide de l'examen optique en lumière polarisée parallèle. Plus tard, M. Mallard (*Bull. de la Soc. minéral.*, 1881, IV, p. 96) a obtenu, par des considérations purement théoriques, la même équation à laquelle M. Schuster était arrivé par la voie empirique.

Pour parvenir toutefois, suivant la méthode de M. Schuster, par l'examen optique à la connaissance de la composition chimique d'un feldspath complètement inconnu, il est nécessaire:

1. d'avoir des lamelles de clivage planes,
2. de savoir avec certitude si les lamelles sont parallèles à M ou à P,
3. de les orienter, c'est-à-dire de rechercher si elles reposent sur la face supérieure ou inférieure de P et sur la face droite ou gauche de M, afin de savoir si l'extinction à déterminer est positive ou négative (dans le sens où M. Schuster emploie ces expressions).

(¹) Max Schuster, *Ueber die optische Orientirung der Plagioklase*, dans: Tschermak, *Miner. Mitth.* III, p. 117.

En commençant l'étude des feldspaths de la cendre du Krakatau, et avant d'avoir appliqué la séparation si nette par les densités, j'avais essayé d'arriver à un aperçu de leur composition en mesurant, pour un grand nombre d'eux, les angles d'extinction. Bien que ces feldspaths constituent un cas particulièrement favorable, en ce que la plupart sont à l'état de petits cristaux isolés, l'examen en question présenta des difficultés spéciales, dues surtout aux trois causes suivantes:

1. le nombre relativement petit des cristaux qui éteignent bien;
2. la circonstance que même ces cristaux éteignant bien, ne pouvaient tous servir à la mesure; pour celle-ci, en effet, il est nécessaire de connaître la direction de la brachydiagonále par rapport à laquelle l'extinction doit être mesurée. Ches les cristaux en prismes rectangulaires, cette direction est donnée par l'axe longitudinal et par les lignes de mâcle; chez les lamelles hexagones (tabulaires suivant M), elle n'est pas connue directement et ne pouvait être trouvée que pour quelques-unes, par la mesure laborieuse des angles plans, vu que des fissures (qui auraient immédiatement trahi la direction P/M) ne se rencontrent presque jamais dans ces feldspaths. Distinguer si l'on avait affaire à P ou à M était ordinairement facile, car les hexagones en tables plates reposaient toujours sur M, tandis que les cristaux en prismes rectangulaires, lorsque la face ne se laissait pas reconnaître à sa forme, pouvaient souvent être retournés de 90°; or, des extinctions sur les deux plans perpendiculaires l'un à l'autre, la plus grande est toujours celle sur M;
3. chez le petit nombre des cristaux propres à la mesure on ne pouvait d'ailleurs satisfaire à la troisième condition de M. Schuster, savoir, l'orientation exacte; à cause des faibles dimensions des cristaux, la deétrmination des angles P/M, nécessaire pour cette orientation, ne se laissait pas effectuer avec l'exactitude requise, de sorte qu'on ignorait si l'extinction était positive ou négative. Il faut reconnaître, toutefois, qu'une couple de circonstances favorables obvient tant soit peu à ce défaut. D'abord,

puisque la plus grande extinction positive qui puisse se présenter est de 20°, l'extinction sera certainement négative chez les feldspaths où elle atteint des valeurs $> 20°$. Ensuite, pour les feldspaths qui possèdent un très petit angle d'extinction, par exemple de 1 à $1\frac{1}{2}°$, le signe de l'extinction est relativement indifférent, car ils seront toujours voisins l'un de l'autre, que le signe soit positif ou négatif.

Le résultat de l'examen fut que les feldspaths se laissaient distribuer en quatre classes:

1. des feldspaths dont la détermination était absolument certaine;
2. des feldspaths déterminés d'une manière à peu près certaine, c'est-à-dire, entre des limites très étroites;
3. des feldspaths déterminés entre des limites plus larges, mais dont il était encore possible de dire s'ils appartenaient, par exemple, au groupe de l'oligoclase ou à celui du labrador; et enfin
4. des feldspaths dont les limites s'écartaient trop pour qu'il y eût encore lieu d'en tenir compte.

Il va sans dire, qu'un examen si laborieux et, quant à ses résultats, passablement incertain, reste bien au-dessous de la séparation des feldspaths par les densités, si nette et d'une exécution relativement rapide.

Cet examen optique initial avait toutefois eu l'avantage de révéler quelques-uns des principaux caractères des feldspaths du Krakatau, de faire connaître, notamment, qu'ils étaient de composition chimique très diverse, que la plupart appartenaient aux oligoclases et aux andésines, et qu'il y avait aussi un peu de feldspath monoclinique. Par là, il avait en quelque sorte été la cause occasionnelle qui me fit entreprendre l'étude plus détaillée d'après les densités. D'ailleurs, si l'examen optique a dû céder le pas à celle-ci pour la détermination de la composition des feldspaths, il n'en offre pas moins un précieux secours pour contrôler l'exactitude des séparations, d'autant plus que, par suite des limites posées par la densité, l'incertitude relativement au caractère positif ou négatif de l'extinction disparaît alors entièrement, de sorte que toutes les observations deviennent directement utilisables,

L'examen optique des groupes séparés se fit de la manière suivante. Dans le grand nombre des cristaux j'en choisis quelques-uns, qui en premier lieu éteignaient très bien et en second lieu accusaient nettement l'arête P/M, soit par leur développement prismatique suivant la brachydiagonale, soit en étant des mâcles.

Chez les cristaux qui satisfaisaient à ces deux conditions, je déterminai aussi exactement que possible l'extinction sur oP.

L'instrument employé à cet effet était un microscope de HARTNACK, à table rotative et à tube centrable.

Le tube fut d'abord centré avec toute la précision possible, et on s'assura du degré de justesse obtenu en mesurant les angles de 90° que présentent les contours exactement rectangulaires des lamelles de clivage de l'anhydrite. Par de nombreuses mesures, dans différentes positions et avec différents angles, je ne trouvai que des écarts de $^1/_2$° au maximum et de $^1/_3$° en moyenne.

On mit ensuite le plus grand soin à donner aux fils croisés une direction exactement parallèle aux sections principales des nicols, et pour contrôler ce parallélisme on détermina l'extinction, naturellement parallèle, de ces mêmes lamelles d'anhydrite, dans différentes positions. Les différences ainsi obtenues furent tout au plus de $1^1/_2$ à 2° et en moyenne de $^3/_4$°.

Après m'être assuré de cette manière que le microscope permettait des mesures d'une exactitude suffisante pour l'objet que javais en vue, exactitude qui ne peut d'ailleurs, comme on le verra, être supérieure à $\pm$ 2°, je passai à la détermination des angles d'extinction des feldspaths.

Pour ces déterminations je me servais presque exclusivement des cristaux en prismes rectangulaires; les lamelles hexagones parallèles à M, beaucoup plus rares, s'y prêtaient moins bien, à cause de l'absence de fissures de clivage. Parmi les cristaux prismatiques rectangulaires satisfaisant aux conditions indiquées, je ne prenais que ceux qui étaient dépourvus de pellicule vitreuse, ou qui n'en avaient qu'une très mince et d'épaisseur uniforme. Ceux-là, toutefois, convenaient très bien, car, ayant mesuré chez quelques-uns d'entre eux

les angles d'extinction sur les deux faces parallèles, je trouvai que ces angles ne différaient pas même d'un degré; or, cela n'aurait pu être le cas si les cristaux avaient présenté des inclinaisons par suite d'irrégularités de la croûte vitreuse, puisque ces inclinaisons, et par conséquent les extinctions, n'auraient pas été les mêmes dans différentes positions.

Lorsque l'extinction avait été mesurée sur P, le cristal était retourné avec précaution, à l'aide d'une aiguille, sur la face latérale M perpendiculaire à P, puis on déterminait l'extinction sur M. Bien entendu, on ne rencontrait pas toujours tant sur P que sur M une extinction suffissamment nette, et souvent je devais me contenter de la mesure sur une seule des deux faces. Ainsi, par exemple, les cristaux mâclés suivant la loi de l'albite étaient tout à fait impropres à la mesure de l'extinction sur M; en outre, on rencontrait souvent sur l'une des deux faces l'extinction dite onduleuse.

Degré d'exactitude de l'examen optique. Notre examen optique ne devant pas, comme on l'a vu, servir à déterminer les feldspaths, mais seulement à contrôler si les cristaux d'un groupe sont aussi situés optiquement entre les limites indiquées par la densité, il est clair qu'une précision extrême de la mesure était ici superflue.

Les mesures les plus soignées, en lumière monochromatique, avec retournement des cristaux et répétitions nombreuses, ne sont exactes, suivant M. Schuster, qu'à $\pm$ $^1/_2$° près sur P et à $\pm$ 1° près sur M; en lumière blanche, avec des soins ordinaires, l'exactitude ne va qu'à $\pm$ 1° sur P et à $\pm$ 2° sur M, incertitude qui se traduit dans la composition par une différence de $\pm$ 5% d'An. On reconnaît immédiatement que la détermination de la composition par la densité est beaucoup plus exacte, car nous obtenons cette densité à $\pm$ 0.001 près, ce qui ne correspond qu'à une incertitude de $\pm$ 0.65% d'An. Cela n'est vrai, bien entendu, qu'à la condition d'opérer sur des feldspaths très purs et très frais, comme ceux que nous avions à examiner; lorsqu'il s'agit de cristaux impurs ou plus ou moins altérés, la méthode optique mérite de beaucoup la préférence pour la détermination de leur composition.

Résultats de l'examen optique de quelques-uns des groupes feldspathiques séparées. Une étude optique complète aurait naturellement dû s'étendre à tous les groupes de feldspaths, mais, le triage de cristaux qui satisfassent à toutes les conditions nécessaires exigeant beaucoup de temps, je me suis borné à l'examen d'un petit nombre de ces groupes. J'ai choisi, à cet effet, une couple des groupes les plus acides, une couple des groupes les plus basiques et un groupe intermédiaire, et en outre j'ai examiné, à cause de leur importance, tous les groupes ayant une densité $<$ 2.620 [1].

Groupe I (densité 2.745—2.740). Dans le petit nombre des cristaux de ce groupe il n'y en avait qu'un seul qui se prêtât quelque peu à la mesure. Il donnait une extinction de 40° sur M. Sur P l'extinction n'était pas assez nette pour comporter une détermination. Ce cristal unique est manifestement une anorthite.

Groupe II (densité 2.740—2.730). Dans ce groupe il y avait plusieurs cristaux propres à la mesure; ils donnèrent les extinctions suivantes :

1) 27½° sur P; 2) 37½° sur M; 3) 35° sur M; 4) 34½° sur M; 5) 32° sur P; 35½° sur M; 6) 34° sur P, 40° sur M; 7) 40° sur M.

Ces extinctions tombent toutes entre les limites assignées au groupe de l'anorthite (Ab_1An_8 — An) par les courbes de M. Schuster, savoir — 26° 25′ à — 37° sur P et — 36° 34′ à — 37° sur M. (Les valeurs de 40° sont probablement trop fortes).

Groupe IV (densité 2.710—2.700). J'y trouvai :

1) 14° sur P; 2) 17½° sur P, 35° sur M; 3) 10° sur P; 4) 23° sur P, 36° sur M; 5) 10° sur P, 22½° sur M; 6) 30° sur M; 7) 11° sur P.

Comme les limites de ce groupe concordent, suivant la colonne V*b*

---

(1) On ne doit pas perdre de vue que, malgré les soins apportés à la séparation d'après la densité, il sera toujours entré dans chaque groupe quelques cristaux des deux groupes voisins. En outre, la teneur en potasse, et par conséquent la correction de 3.7°/₀ d'An, n'est pas constante pour chacun des feldspaths. Ces deux circonstances expliquent les différences qui existent entre les chiffres que je vais donner et ceux qui ont été obtenus par M. Schuster, différences qui restent toutefois, en général, comprises dans les tolérances des mesures.

du tableau, avec 76.1 et 68.2% d'An, valeurs qui dans les courbes de M. Schuster correspondent à des extinctions de — 17° à — $12^1/_2$° sur P et de — $32^1/_2$° à — $28^1/_2$° sur M, on voit que les extinctions trouvées tombent assez bien entre ces limites, sauf 4), qui appartient au groupe III.

Groupe X (densité 2.660—2.650). Ce groupe a fourni un grand nombre de cristaux utilisables. J'ai mesuré:

1) 6° sur M; 2) 1° sur P, 6° sur M; 3) $1^1/_2$° sur P, 5° sur M; 4) 3° sur P, $4^1/_2$° sur M; 5) mâcle, l'une des lamelles donna 2° et l'autre 3° sur P; 6) 2° sur P; 7) 0° sur P, 0° sur M; 8) 7° sur M; 9) $^1/_2$° sur P, 1° sur M; 10) 5° sur M; 11) 6° sur M; 12) 1° sur P, 7° sur M; 13) 0° sur P; 14) 4° sur M; 15) 5° sur M; 16) $2^1/_2$° sur M.

Les limites de la densité 2.660 à 2.650 donnent pour les limites de la composition 36.2% d'An et 28.9% d'An et celles-ci pour les limites des extinctions — $1^1/_4$° à + $^1/_4$° sur P et — $5^1/_4$° à — $^1/_2$° sur M. Les valeurs trouvées se tiennent donc, à une couple de degrés près, entre ces limites.

Groupe XIII (densité 2.630—2.620). Celui-ci donna:

1) 3° sur P, $16^1/_2$° sur M; 2) 2° sur P; 3) 6° sur P, $9^1/_2$° sur M; 4) mâcle, l'une des moitiés éteint à 5°, l'autre à 6°; 5) 7° sur P, 15° sur M; 6) 7° sur P, 17° sur M; 7) 4° sur P, 8° sur M; 8) 2° sur P, 16° sur M; 9) 2° sur P, 17° sur M; 10) 4° sur P, 9° sur M; 11) 5° sur P, 10° sur M.

Les limites de la composition sont 13.1% d'An et 4.6% d'An, celles de l'extinction + $2^3/_4$° à + $4^1/_2$° sur P et + 12° à + $17^1/_2$° sur M. Ces valeurs diffèrent beaucoup des extinctions trouvées, et en outre les extinctions sur P et sur M d'un même cristal ne concordent pas non plus avec les valeurs de M. Schuster. L'un et l'autre indique que la potasse commence à dominer fortement et que des plagioclases à potasse, avec leurs extinctions propres, apparaissent déjà.

Ainsi qu'il a été dit, de 2.620 à 2.540 tous les groupes ont été examinés. Comme ceux-ci toutefois, pour les raisons mentionnées, empiétaient l'un sur l'autre, j'ai réuni d'une part les groupes XIV

à XVI (densité 2.620—2.590) et d'autre part les groupes XVII à XXI (densité 2.590—2.540).

Les trois premiers groupes ont donné:

1) 2° sur P, 17° sur M; 2) 2° sur P, 5° sur M; 3) 2° sur P, 15° sur M: 4) 5° sur P, 11° sur M; 5) 1° sur P, 10° sur M; 6) 0° sur P, 6 1/2° sur M; 7) 0° sur P, 6° sur M; 8) 1° sur P, 2° sur M; 9) 1 1/2° sur P, 9° sur M; 10) 1/2° sur P, 1° sur M; 11) 6 1/2° sur P, 11° sur M; 12) 7° sur P, 9° sur M; 13) 0° sur P; 14) 5° sur P, 8° sur M; 15) 0° sur P, 4 1/2° sur M; 16) 3° sur P, 10° sur M; 17) 1° sur P, 9° sur M.

Les cinq derniers groupes ont donné:

1) 0° sur P, 8° sur M; 2) 0° sur P, 5° sur M; 3) 0° sur P, 5° sur M; 4) 0° sur P, 2° sur M; 5) 0° sur P, 10 1/2° sur M; 6) 4° sur P, 6° sur M; 7) 0° sur P, 10° sur M; 8) 0° sur P, 4° sur M; 9) 0° sur P, 6° sur M; 10) 0° sur P, 6° sur M.

On voit donc que les sanidines monocliniques dominent dans les groupes les plus légers (densité 2.59—2.54), tandis que dans les groupes les plus lourds (densité 2.62—2.59) la prépondérance appartient aux plagioclases à potasse tricliniques, reconnaissables au rapprochement plus grand des extinctions sur P et sur M. Les sanidines, en outre, paraissent encore être de composition différente, à en juger par l'inégalité des extinctions sur M. Les valeurs de 8° et 10° sur M indiquent, dans quelques-unes d'entre elles, la présence d'une proportion considérable de Na_2O, telle qu'en contiennent les sanidines à soude de Pantelleria (Foerstner, *l. c.* p. 129 et 133).

Le microcline, caractérisé par son grand angle d'extinction sur P (15° sur P, 6° sur M) et sa faible densité (2.54), n'a pas été trouvé parmi les feldspaths riches en potasse de la cendre du Krakatau.

Examen chimique des feldspaths. L'analyse chimique quantitative des feldspaths du Krakatau fut exécutée en partie sur la portion de cristaux qui avait servi à la séparation mécanique plus ou moins

grossière dont il a été question p. 258, en partie sur une portion nouvelle, préalablement purifiée avec soin.

La quantité totale, employée pour l'analyse, pesait 1.3064 grammes. Elle fut attaquée en partie par $(K,Na)_2\ CO_3$, en partie par HFl. Le fer, en proportion très faible, fut dosé dans l'Al_2O_3 calcinée, retranché de celle-ci comme Fe_2O_3, et retranché du feldspath comme Fe_3O_4, vu qu'il devait être attribué à un peu de magnetite incluse.

L'analyse donna:

		a
SiO_2	=	58.29%.
Al_2O_3	=	27.19
CaO	=	8.27
Na_2O	=	5.82
K_2O	=	1.22
		100.79%.

Les chiffres d'une analyse de feldspath (outre que leur somme ne donne pas 100%) ne représentent jamais exactement, à cause des erreurs inévitables de l'analyse, un feldspath théoriquement possible, savoir, un mélange de feldspaths à chaux, à soude et à potasse. Pour déduire des chiffres inscrits sous *a* la composition du feldspath théoriquement possible qui s'en rapproche le plus, le mieux est d'opérer comme il suit.

Des cinq éléments, quelques-uns se laissent doser avec plus de précision que les autres. La précipitation de l'Al_2O_3 par l'ammoniaque ayant eu lieu, à defaut d'une capsule de platine, dans un vase en verre, et le précipité ayant donc probablement contenu de la silice provenant de l'attaque du verre par l'ammoniaque chaude, le chiffre de l'alumine est celui des cinq qui mérite le moins de confiance. Le SiO_2 peut, il est vrai, être dosé exactement, et l'acide silicique de notre analyse se dissolvait sans résidu pondérable dans une dissolution chaude de Na_2CO_3; mais, comme les cristaux de feldspath étaient enveloppés d'une pellicule de verre acide (contenant 69% de SiO_2), le chiffre du SiO_2 est probablement aussi un peu trop élevé. Par contre le CaO (qui fut pesé d'abord comme $CaCO_3$, puis, après humectation

avec H_2SO_4 et calcination, comme $CaSO_4$, et dont les deux dosages donnèrent les chiffres bien concordants 8.29% et 8.26%) est probablement l'élément le mieux déterminé. Si le dosage de l'alcali est affecté d'une erreur, celle-ci porte surtout sur Na_2O et est faible pour K_2O (le K_2PtCl_6 comprenait, outre le précipité principal, un petit précipité subséquent, obtenu par l'évaporation de la solution alcoolique de Na_2PtCl_6). Nous admettons donc l'exactitude des chiffres trouvés pour le CaO et le K_2O, et nous nous en servons pour calculer les proportions correspondantes de feldspath à chaux et de feldspath à potasse; ensuite, la somme de ces deux proportions étant retranchée de 100%, nous prenons le reste pour l'albite et calculons les quantités de SiO_2, d'Al_2O_3 et de Na_2O qui y sont contenues. Ajoutant les deux premières aux quantités du SiO_2 et de l'Al_2O_3, contenues dans les feldspaths à chaux et à potasse, nous obtenons pour la composition du feldspath, théoriquement possible, qui représente le mieux les résultats de l'analyse, les chiffres inscrits dans la colonne *b* du tableau suivant:

	b	*c*	*d*
SiO_2	57.76	+ 0.53	57.87
Al_2O_3	26.66	+ 0.53	26.59
CaO	8.27	—	8.19
Na_2O	6.09	— 0.27	6.13
K_2O	1.22	—	1.22
	100.00	+ 0.79	100.00

dans la colonne *c* sont données les différences entre ces chiffres et les résultats directs de l'analyse.

En comparant soit *a*, soit *b*, avec la composition inscrite en *d*, qui résulte de la séparation des feldspaths d'après leur densité (p. 257), on reconnaît que l'accord est aussi satisfaisant qu'on puisse le désirer.

Le contrôle chimique complet de la séparation des feldspaths d'après leur densité aurait exigé que chaque groupe fût analysé séparément, mais, à part quelques-uns des groupes principaux, les autres ne fournissaient pas assez de matière pour une analyse. Le temps me faisant en outre défaut, j'ai dû me borner au dosage du SiO_2 dans deux des groupes principaux. J'ai choisi comme tels:

Groupe XI (densité 2.650—2.640), composition moyenne 25% d'An, 69% d'Ab, 6% de Micr. Cette composition demande 61.7% de SiO_2. Trouvé par voie chimique: 60.7% de SiO_2.

Groupe VII (densité 2.690—2.680), composition moyenne 56.5% d'An, 37.5% d'Ab, 6% de Micr. Celle-ci demande 53.6% de SiO_2; le dosage a donné 54.1% de SiO_2. La matière dont je disposais pour ces analyses ne pesait pas même $^1/_3$ de gramme; avec des quantités plus grandes, l'accord eut probablement été encore plus satisfaisant entre le chiffre calculé et le chiffre trouvé pour l'acide silicique.

Bien qu'il soit très tentant de chercher à tirer des conséquences génétiques des résultats obtenus par la séparation des feldspaths, on ne doit naturellement y procéder qu'avec beaucoup de réserve, différentes circonstances inconnues pouvant avoir influé sur la production de ces minéraux.

Les nombreuses recherches pétrographiques des dernières années ont mis à peu près hors de doute que, dans les roches, les feldspaths cristallisés les premiers sont les plus basiques, tandis que ceux des cristallisations subséquentes deviennent de plus en plus acides.

Représentons-nous une masse de verre fondu ayant la composition de la cendre du Krakatau, et supposons qu'à la température t° ait lieu la première séparation de feldspath; ce seront des cristaux peu nombreux et de caractère basique; si la température s'abaisse jusqu'à t_1°, il se déposera des cristaux plus acides et en même temps plus abondants. En cas de refroidissement graduel, on peut donc s'attendre à trouver dans la courbe figurative du montant des groupes feldspathiques, courbe que pour abréger nous appellerons la *courbe feldspathique,* une ascension continue, tandis que si le refroidissement s'opère par grands sauts, cette circonstance se traduira dans la courbe feldspathique par des interruptions subites. Un autre facteur intervient dans le phénomène, à savoir que, par suite même des cristallisations, le magma change, devient plus acide. Ce facteur, toutefois, a très

peu d'importance dans notre cas, où la quantité des éléments cristallisés est très petite par rapport à la masse vitreuse, qui s'élève à 91% du total. Nous pouvons donc admettre, dans ce cas, que le magma d'où les cristaux de feldspath se séparent a une composition constante, et qu'ainsi la courbe feldspathique ne dépend essentiellement que de la température.

Néanmoins, cette courbe ne présente *pas* ce qu'on attendrait à priori. Le fait, que 91% de la cendre consistent en verre, montre que la formation du feldspath en était encore à son début, de sorte que, si la température avait continué à s'abaisser graduellement, beaucoup d'autres cristaux de feldspath auraient encore pris naissance. Dans notre cas, la cristallisation a été brusquement interrompue par l'éjaculation et le refroidissement subit de la masse fluide. Cela ferait présumer que la courbe s'arrêterait tout à coup en un point de sa branche ascendante, un abaissement progressif ne devant s'observer que lorsque rien n'est venu troubler le cours de la cristallisation. Mais c'est le contraire qui a lieu; dès le commencement de la cristallisation nous voyons apparaître des feldspaths très acides, oligoclases et albites, que, suivant les idées régnantes, on ne devrait attendre qu'à la fin. Il est à supposer d'après cela, qui si le verre fondu n'avait pas été rejeté, mais avait continué à donner des cristaux de feldspath, ceux-ci n'auraient pas été seulement des albites pures, mais de nouveau des andésines, des oligoclases, des albites et des sanidines; *après* la formation de l'albite, la température continuant à décroître, il paraît donc pouvoir se former encore des feldspaths plus basiques.

On voit que, même dans notre cas relativement simple, le phénomène est probablement beaucoup plus compliqué qu'on ne se le figure: s'il est vrai que le décroissement de la basicité des éléments cristallins soit en rapport avec l'ordre dans lequel ils se séparent du magma, cette loi ne subsiste pourtant, selon toute apparence, que d'une *manière très générale.*

Ce qu'on ne saurait nier, toutefois, c'est que très probablement *la courbe feldspathique est pour chaque roche une courbe caractéristique,*

qui offrira en général la forme d'une onde à extrémités peu inclinées. Le maximum de cette courbe aura naturellement une situation très différente pour les différentes roches. Pour les roches basiques, telles que les basaltes et les mélaphyres, le maximum tombera ordinairement dans les groupes de la bytownite et du labrador, pour les roches très acides, telles que les andésites quartzifères et les diorites quartzifères, dans les groupes de l'andésine et de l'oligoclase. En ce qui concerne le commencement de la courbe feldspathique, la circonstance que dans la cendre du Krakatau, contenant 66% de SiO_2, on trouve déjà un peu d'anorthite, fait présumer que cela sera le cas dans la plupart des roches, vu que celles-ci sont généralement plus basiques. De même il est probable que, chez les roches plus acides, la fin de la courbe correspondra aussi à l'albite.

Quant à savoir si chez les roches très acides le commencement de la courbe feldspathique sera également situé près de l'anorthite, et si chez les roches contenant moins de 66% de SiO_2 la fin de la courbe se trouvera également près de l'albite, la question est plus douteuse et ne pourra être résolue que par des recherches ultérieures.

Il ne faut pas perdre de vue, en outre, que les microlithes feldspathiques de la pâte des roches fourniront une courbe particulière, appuyant plus du côté acide. Chez la plupart des roches la détermination de cette courbe sera sans doute impossible, à cause de la petitesse des éléments, et on devra se contenter de la courbe des grands cristaux de feldspath.

Hypersthène.

A l'aide de la liqueur de Thoulet on peut se procurer, en quantité suffisante pour l'étude, des cristaux de pyroxène, les uns orthorhombiques, les autres monocliniques. Si l'on porte dans une liqueur concentrée de la densité 3.0 à 3.1, la cendre préalablement lévigée dans l'eau (et ne contenant donc plus guère que les éléments cristallins), les pyroxènes (densité 3.3 à 3.5) et la magnétite (densité 5.0) se précipitent, mêlés d'une petite quantité de fer titané, de pyrite, etc. Après que la magnétite a été extraite au moyen d'un aimant,

le reste consiste presque exclusivement en cristaux de pyroxène. Avec un peu d'attention on peut y distinguer, en s'armant d'une forte loupe, une variété brune (hypersthène) et une variété verte (augite monoclinique). A l'aide de la loupe et de l'aiguille à préparer, ces deux espèces furent isolées et placées, chacune séparément, sur une petite lame de verre. L'un et l'autre de ces portions furent ensuite portés sous le microscope, où chaque petit cristal fut examiné en particulier, quant à son dichroïsme; en outre, on élimina les cristaux de pyroxène fortement souillés de magnétite. (Il n'était pas faisable de ne conserver que les cristaux absolument purs, car alors il en serait resté trop peu). De cette manière on réussit effectivement à isoler une certaine quantité de cristaux suffissamment purs d'hypersthène et d'augite. Dans chacune de ces deux portions on choisit encore, au microscope, les cristaux les plus nets et les plus purs, afin de les soumettre, après préparation dans le baume du Canada, à un examen cristallographique et optique spécial. Le reste de chacune des deux portions, reste d'ailleurs très faible, fut employé à une analyse chimique.

Vus au microscope, ces cristaux d'hypersthène et d'augite se montrent plus ou moins souillés d'inclusions d'un verre ordinairement incolore (inclusions pourvues en général d'une bulle, rarement de plusieurs), de petits prismes d'apatite et de grains de magnétite.

Composition chimique. La quantité d'hypersthène disponible pour l'analyse ne dépassait que de peu 0.1 gramme. Bien que cette circonstance ne permît pas d'espérer un grand degré d'exactitude d'une analyse quantitative dans laquelle il fallait doser cinq éléments, j'ai cru pourtant devoir l'exécuter, parce qu'il s'agissait de cristaux d'hypersthène soigneusement triés, dont chacun avait été reconnu comme tel à son dichroïsme, et qui étaient donc exempts de tout mélange d'augite monoclinique.

Ainsi qu'il a été dit, je n'avais éliminé précédemment que les cristaux d'hypersthène très chargés de magnétite, de sorte que les autres n'étaient pas complètement purs de cet élément. Pour les en débarrasser, je les broyai grossièrement dans un petit mortier d'agate,

et à l'aide de l'aimant j'enlevai à la poudre la magnétite qui pouvait s'y trouver encore. Après ce traitement, l'examen d'une petite quantité de la poudre apprit que les grains d'hypersthène étaient à peu près totalement privés de magnétite. L'hypersthène ainsi purifié fut réduit en poudre impalpable. De celle-ci je ne parvins plus à extraire une quantité appréciable de magnétite. Si j'ai mis tant de soins à obtenir une matière débarrassée de magnétite, c'est que l'analyse avait précisément pour but principal de démontrer que le pyroxène orthorhombique était déjà par lui-même riche en fer et appartenait donc à l'hypersthène proprement dit.

Le poids total de la poudre pure, destinée à l'analyse, était de 0.1155 gramme.

L'analyse conduisit à la composition suivante:

SiO_2	=	52.3
TiO_2	=	traces
Al_2O_3	=	6.1
FeO	=	27.7
MnO	=	traces
CaO	=	2.2
MgO	=	13.6
		101.9.

La proportion de SiO_2 est probablement un peu trop forte.

La faible teneur en CaO indique clairement un pyroxène orthorhombique (essentiellement composé des deux bisilicates $MgSiO_3$ et $FeSiO_3$), tandis que la forte proportion de FeO montre qu'il s'agit d'hypersthène proprement dit, riche en fer, et *non* de bronzite, laquelle contient tout au plus 13% de FeO.

Forme cristalline. On sait qu'il y a deux modes d'orientation pour les cristaux du pyroxène rhombique:

1. Celle de M. V. VON LANG, basée sur l'identité presque complète des angles du prisme chez le pyroxène orthorhombique et le pyroxène monoclinique, et dans laquelle, par suite, tous les deux tournent leur angle aigu en avant.

Dans ce cas, toutefois, il n'y a plus correspondance de l'orientation

optique entre les deux pyroxènes; le plan des axes optiques de l'hypersthène se place alors perpendiculairement à celui de l'augite. Cette position est adoptée, entre autres, par M. Becke (*Hypersthen von Bodenmais*, dans Tschermak, *Mineral. Mittheil.*, III, p. 60, et *Ueber die Unterscheidung von Augit und Bronzit*, dans Tschermak *Min. Mittheil.*, V, p. 527).

2. Celle de M. G. vom Rath, où les pyroxènes orthorhombique et monoclinique sont placés de façon que les plans de leurs axes optiques soient parallèles et tous les deux dirigés d'avant en arrière. Dans ce qui suit, j'ai toujours employé, comme étant la plus généralement adoptée (entre autres, dans le Traité de Minéralogie de Naumann-Zirkel), la position choisie par M. vom Rath.

La notation des formes cristallines est également celle qui a été appliquée par M. vom Rath, et, comme lui, j'ai pris la pyramide o pour forme primitive P (protopyramide).

Les sections transversales de ces cristaux développés suivant l'axe vertical sont presque toujours octogones, ou plutôt en carré à angles tronqués, de sorte qu'ils résultent de la combinaison du prisme et des deux pinacoïdes verticaux. C'est ce qui se voit très bien lorsqu'à l'aide d'une aiguille humectée on enfonce verticalement l'un des petits prismes dans une gouttelette de baume du Canada mou, qu'on le porte sous le microscope, et que, à un faible grossissement et à la lumière incidente, on amène au foyer l'extrémité libre du cristal. Comme, chez l'hypersthène de même que chez tous les pyroxènes, l'angle du prisme diffère peu de 90°, on ne peut décider directement quelles sont, parmi les huit faces verticales, celles qui appartiennent au prisme. Plus tard, sur des sections transversales, reposant donc sur oP, j'ai reconnu, à l'aide de la lumière polarisée, que les pinacoïdes sont presque toujours le plus développés, tandis que le prisme apparaît seulement comme forme subordonnée, tronquant les arêtes de la forme dominante. Des cas où le prisme est développé au même degré que les pinacoïdes, de sorte qu'on obtient une section octogonale presque régulière, se présentent, mais ils sont très rares.

Le fait que dans les petits prismes d'hypersthène, les faces les

plus développées de la zone verticale sont précisément les deux pinacoïdes, a une grande importance au point de vue de leur étude cristallographique et optique ultérieure. Si l'on plonge en effet, un certain nombre de ces prismes dans du baume de Canada chaud, et qu'on les recouvre d'une lame mince de verre, légèrement pressée, la plupart d'entre eux se coucheront sur l'un des deux pinacoïdes. En examinant leurs couleurs d'axes, on peut toujours décider sans incertitude s'il en a été ainsi, et, dans le cas de l'affirmative, auquel des deux pinacoïdes verticaux on a affaire. Un cristal change-t-il, quand on le fait tourner au-dessus du nicol inférieur, du vert au *jaune-brunâtre clair*, il repose sur $\infty P \bar{\infty}$, change-t-il au contraire du vert au *brun-noirâtre*, il repose sur $\infty P \breve{\infty}$. Comme contrôle, le premier doit présenter en lumière polarisée convergente la figure d'interférence, l'autre ne la présentera pas.

Pour déterminer les faces des sommets des cristaux d'hypersthène on ne pouvait, à cause de la petitesse de ces cristaux, mesurer au goniomètre les angles dièdres, mais il faillait se contenter de mesurer sous le microscope les angles plans que les arêtes forment entre elles. On choisit à cet effet les cristaux à l'égard desquels on avait préalablement reconnu, de la manière ci-dessus indiquée, sur lequel des deux pinacoïdes ils reposaient.

La mesure des angles plans se fit à l'aide de fils croisés et de la rotation de la table, après que le tube du microscope eut été exactement centré. Toutes les faces observées purent ainsi être ramenées à des formes trouvées et décrites chez d'autres cristaux d'hypersthène.

On étudie le mieux les sommets des cristaux en opérant à la lumière d'une lampe et en donnant différentes positions au miroir du microscope. Il faut à la fois mouvoir le miroir, faire tourner la platine et élever ou abaisser le tube du microscope, jusqu'à ce que la facette qu'on veut observer se voie avec des contours précis. On peut de cette manière éclairer une à une les différentes facettes et découvrir nettement même les plus petites. En étudiant ainsi, à un grossissement modéré, la position relative et surtout la disposition en

zones des différentes facettes, j'ai réussi à déterminer la plupart de celles-ci avec une certitude suffisante.

Les faces observées sont: o (P), e ($P\bar{2}$), i (2P2), m (∞P), a ($\infty P\bar{\infty}$) et b ($\infty P\breve{\infty}$).

La face principale du sommet des prismes est chez tous la macropyramide e, présentant en avant l'arête terminale obtuse caractéristique (e : e = 152° 22'); cette pyramide forme parfois à elle seule la terminaison du cristal, mais ordinairement elle est accompagnée de la pyramide fondamentale o, qui est située dans la même zone. Une face assez constante aussi, mais souvent peu développée, c'est la macropyramide plus aiguë i, qui tronque l'angle trièdre e. m. a.

La présence des deux pyramides e et o, situées dans une même zone, est le trait caractéristique des terminaisons de l'hypersthène. La face u ($\frac{3}{2}P\breve{\frac{3}{2}}$), qui se trouve aussi dans la zone des deux faces précédentes, et que l'hypersthène montre fréquemment, n'existait pas dans les cristaux que j'ai examinés.

Il est à remarquer que les brachydômes qui correspondent aux pyramides en question, et qui sont si caractéristiques pour la plupart des pyroxènes orthorhombiques, manquent également dans nos cristaux. Dans les nombreux petits prismes d'hypersthène dont j'ai fait l'examen, l'extrémité était toujours caractérisée par les deux arêtes macrodiagonales de la pyramide e, qui se rencontrent sous un angle obtus. Jamais je n'ai vu ces arêtes tronquées par un brachydôme. Sous se rapport, l'hypersthène du Krakatau ressemble à celui du Demavend (Perse) décrit par M. Blaas (Tschermak, *Miner. Mittheil.*, III, p. 479), lequel se termine également en pointement, mais se distingue toutefois par le grand développement de la pyramide i et par l'apparition de la face u. Dans l'hypersthène du trachyte d'Arany, décrit par M. Krenner (*Zeitschr. f. Krystall.*, IX, p. 255), la terminaison est également composée de pyramides, savoir de o et de i.

En ce qui concerne les mesures, effectuées sur différents cristaux d'hypersthène, je ne me suis servi que des meilleures, c'est-à-dire de celles qui différaient tout au plus d'une couple de degrés, j'en ai pris

la moyenne et j'ai comparé cette moyenne avec la valeur théorique fournie par le calcul. Pour le calcul des angles plans je me suis servi de la relation des axes donné par M. von Lang, savoir:

$$a : b : c = 0.87568 : 0.84960 : 1.$$

Les résultats ainsi obtenus sont les suivants:

Angles plans:	Mesurés:	Calculés:	
Cristaux reposant sur $\infty P \bar{\infty}$:			
i/a : i/a	$121\frac{1}{4}°$	120° 33′	
	(moyenne de 4 mesures)		
i/a : m/a	118°	119° $43\frac{1}{2}$′	
	(moyenne de 8 mesures)		
e/a : e/m	107°	105° 56′	
	(moyenne de 5 mesures)		
Cristaux reposant sur $\infty P \breve{\infty}$:			
e/b : e/b	$118\frac{1}{2}°$	119° 3′	
	(moyenne de 4 mesures)		[1]
e/b : m/b	$120\frac{1}{2}°$	120° 29′	
	(moyenne de 7 mesures)		

Je n'ai pas rencontré d'angles plans, suffissamment nets, aux côtés desquels aboutît la face o.

Clivage. Il est remarquable que les petits cristaux bruns de la cendre du Krakatau, bien que leur détermination comme hypersthène ne laisse rien à désirer en netteté, diffèrent totalement, en ce qui concerne le clivage, des cristaux d'hypersthène des gabbros et des norites, par exemple de ceux qu'on trouve dans les roches bien connues de l'île Paul (Labrador) et de Penig (Saxe). Ceux-ci, en effet, possèdent un clivage parfait suivant $\infty P \breve{\infty}$ et un autre moins facile suivant ∞P, clivages apparaissant surtout d'une manière très caractéristique au microscope, tandis que les cristaux d'hyper-

(1) M. Krenner a trouvé, par la mesure de ces deux angles, les valeurs 118° 38′ et 120° 41′.

sthène du Krakatau, tant en sections longitudinales qu'en sections transversales, ne montrent presque aucune trace de clivage vertical. C'est là encore un assez bon moyen de distinction vis-à-vis de l'augite monoclinique, qui présente souvent le clivage prismatique. Parallèlement à la base oP, par contre, l'hypersthène du Krakatau offre çà et là une très faible trace de clivage. Mais, lorsqu'on use sur la pierre, après les avoir fixés dans du baume de Canada, quelques-uns de ces petits prismes d'hypersthène, le frottement y fait parfois apparaître des fissures, qui manquaient primitivement. En quelques endroits, ce clivage divise même l'hypersthène en fibres parallèles. C'est toutefois un clivage prismatique, comme on peut le voir sur des cristaux qui ont été taillés obliquement par rapport à l'axe longitudinal; les fentes de clivage y font un angle avec les deux côtés longs du cristal d'hypersthène, ce qui ne pourrait être le cas si le clivage était parallèle aux pinacoïdes.

Il semble que les hypersthènes des roches volcaniques récentes manquent tous de la structure lamelleuse caractéristique et des inclusions connues que présentent les hypersthènes des roches anciennes. Dans celles-ci, d'ailleurs, on voit aussi quelquefois de l'hypersthène compacte, dépourvu de la microstructure ordinaire.

Peut-être est-il permis d'établir un parallèle, sous ce rapport, entre l'augite et le diallage, d'un côté, et l'hypersthène compacte et lamelleuse (ainsi que les deux autres pyroxènes rhombiques), de l'autre. Pour le diallage, on a à peu près mis hors de doute qu'il n'est qu'une augite modifiée, qui, probablement par transformation moléculaire (avec conservation de sa composition chimique et de tous ses caractères, optiques et autres), a acquis une structure lamelleuse, sans éprouver d'ailleurs une altération proprement dite; or, il est vraisemblable que l'hypersthène présente le même phénomène, qu'avec le temps il acquiert également une structure lamelleuse dont il était dépourvu à l'origine.

Une différence du même genre existe peut-être chez l'enstatite et la bronzite, de sorte que chaque pyroxène pourrait posséder sa modification compacte et sa modification lamelleuse. Que pour ces modifications il convienne d'introduire chaque fois un nom nouveau, c'est

ce qui me paraît douteux; il vaut mieux, à mon avis, parler simplement d'augite, d'hypersthène, de bronzite etc. compactes et lamelleuses.

Propriétés optiques. La particularité que nous offrent nos cristaux d'hypersthène, savoir, de reposer ordinairement sur l'un des deux pinacoïdes verticaux, en facilite naturellement beaucoup l'étude optique.

L'extinction nettement parallèle [1] qu'on y observe toujours, dans ces deux cas, les caractérise suffissamment comme appartenant au système orthorhombique, et cette détermination est confirmée par les sections beaucoup plus rares suivant oP, chez lesquelles l'extinction a lieu parallèlement aux deux côtés les plus développés du rectangle.

Par surcroît, quelques petits prismes d'hypersthène, qui reposaient librement par un des pinacoïdes sur le porte-objet, furent retournés autour de leur axe longitudinal jusqu'à ce qu'ils vinssent reposer sur la face perpendiculaire au premier; dans les deux positions on observa l'extinction parallèle.

En ce qui concerne la position des axes optiques, pour l'étudier il fallait avoir recours à la lumière polarisée convergente, ce qui eut lieu de la manière connue, au moyen de la lentille convergente vissée sur le nicol inférieur, après enlèvement de l'oculaire. Dans plusieurs cas on a effectivement obtenu ainsi une croix noire bien distincte, que la rotation du cristal dans un plan horizontal faisait passer aux deux hyperboles. Les traces des axes mêmes n'entraient pas dans le champ de vision; tout au plus pouvait-on encore observer, chez un petit nombre de cristaux un peu inclinés, quelques-uns des anneaux colorés extérieurs de l'un des axes optiques. Ces cristaux révélaient par là qu'ils reposaient sur le macropinacoïde ($\infty P \bar{\infty}$), puisque chez l'hypersthène le plan des axes optiques coïncide avec le brachypinacoïde. On avait en outre a = a et c = c, ce qu'il fut facile de constater chez un cristal taillé en plaque mince parallèlement à $\infty P \breve{\infty}$, à l'aide d'une lame de gypse donnant le rouge du 1er ordre.

Dans quelques cas, la croix noire était peu distincte, parce que les cristaux présentaient à leur surface des pellicules de verre ou des

(1) Le plus grand écart qu'on ait trouvé par rapport à la direction longitudinale ne s'élevait pas même à $^1/_2{}^\circ$, et cet écart doit-être attribué aux erreurs de l'observation.



grains saillants de magnétite, qui les empêchaient de reposer tout à fait horizontalement sur $\infty P\bar{\infty}$.

Quant aux cristaux d'hypersthène couchés sur l'autre pinacoïde $\infty P\breve{\infty}$, leur rotation horizontale ne produisait que des alternatives de clarté et d'obscurité, sans aucune trace de croix noire.

Dans le petit nombre de sections transversales parallèles à oP, (qui parmi des fragments d'hypersthène se distinguent aisément à ce que la rotation au-dessus du nicol inférieur ne leur communique que des teintes brunes, jamais des couleurs vertes), on observait également la croix noire et, lors de la rotation, les hyperboles, mais rarement d'une manière nette, parce que ces sections reposaient ordinairement sur une extrémité cassée et n'étaient donc pas horizontales. Chez ces sections, pas plus que chez les cristaux reposant sur $\infty P\bar{\infty}$, les traces des axes n'entraient dans le champ de vision.

M. Reusch (*Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1884, I, p. 78) dit que *c* est la bissectrice, de sorte que, suivant lui, la double réfraction est positive et les axes optiques ouvrent leur angle aigu du côté de oP, leur angle obtus du côté de $\infty P\bar{\infty}$. C'est probablement là-dessus qu'il se fonde pour rapporter le pyroxène orthorhombique à la *bronzite*. Je n'ai réussi, ni au moyen d'un mica quart d'onde, ni au moyen d'un quartz compensateur, à mettre en évidence le signe optique. Il m'a donc été impossible de contrôler la détermination de M. Reusch. Prenant toutefois en considération que, outre la composition chimique, qui indique une hypersthène riche en fer, la couleur brune, le diochroïsme très intense et les couleurs d'axes sont chez le minéral en question exactement les mêmes que chez l'hypersthène typique, tandis que la bronzite se distingue par sa teneur en fer beaucoup plus petite, sa couleur pâle et son dichroïsme très faible, je crois avoir toute raison de m'en tenir à la détermination de ce minéral comme *hypersthène*, bien que d'autres encore aient donné le nom de bronzite au pyroxène orthorhombique de la cendre du Krakatau ([1]).

([1]) Récemment M. Krenner a trouvé, que pour l'hypersthène du Krakatau la bissectrice coïncide avec la brachydiagonale, ce qui est d'accord avec mes recherches (Voir: Groth, *Zeitschrift für Kristall.*, X, p. 101). Note de la traduction française.

Couleur. A la lumière transmise, la couleur est le *brun* de différentes teintes, variant du brun-jaunâtre au brun-verdâtre, selon la position des cristaux. La couleur dépend, en outre, de l'épaisseur du cristal; dans les cristaux isolés, épais en moyenne de $0^{mm}.2$, les couleurs sont intenses et souvent foncées, tandis que les sections taillées de l'hypersthène, environ 10 fois plus minces, ne montrent que des teintes d'un brun très pâle. La couleur brune distingue l'hypersthène de l'augite monoclinique, qui est toujours verte; même à la lumière incidente cette différence se remarque, quoique beaucoup plus difficilement.

Pléochroïsme et absorption. Le pléochroïsme est toujours très intense chez les cristaux d'hypersthène, et il forme, avec la couleur et l'extinction parallèle, le principal caractère servant à les distinguer des cristaux d'augite monoclinique. Pour déterminer les couleurs d'axes, je me suis servi des cristaux ci-dessus mentionnés, qui ou bien montraient nettement la croix noire ou bien n'en présentaient pas de trace (tout autre moyen d'orientation, par exemple une différence d'extinction ou de clivage, faisait défaut). Dans les cristaux de la première espèce, qui reposaient donc sur $\infty P\bar{\infty}$, la couleur, lors de la rotation du cristal dans un plan horizontal au-dessus du nicol inférieur, était verte et en même temps foncée suivant l'axe vertical, jaune-brunâtre clair perpendiculairement à cet axe. Dans ceux de la seconde espèce, qui reposaient sur $\infty P\breve{\infty}$, la couleur suivant l'axe vertical était naturellement encore le vert foncé, mais perpendiculairement à cet axe elle était brun foncé passant au brun-noirâtre. Il suit de là que les couleurs d'axes sont:

suivant c = vert
» b = jaune-brunâtre
» a = brun,

et que l'absorption est très faible suivant b, mais assez considérable suivant a et c. Dans la direction de ces deux derniers axes l'absorption offrait peu de différence, quoique, en général, celle suivant a fût un peu plus forte; par conséquent:

$$a > c > b,$$

Pour contrôler ces observations, j'ai encore examiné les sections parallèles à oP; elles montraient perpendiculairement à la ligne qui joint les traces des axes optiques (donc suivant l'axe *b*) du brun-jaunâtre clair, et parallèlement à cette ligne de jonction (donc suivant l'axe *a*) du brun-noirâtre, ce qui est conforme aux résultats précédents.

Les couleurs de faces, qui naturellement résultent de la combinaison des couleurs d'axes, sont pour les cristaux reposant sur:

$\infty P\breve{\infty}$ (axe *c* + axe *a*) = vert-olive (vert-brunâtre sale),
$\infty P\bar{\infty}$ (axe *c* + axe *b*) = brun-jaunâtre clair (avec teinte verte presque insensible).
oP (axe *a* + axe *b*) = brun.

Ces résultats s'accordent assez bien avec ce que M. M. Rosenbusch et Becke ont trouvé chez l'hypersthène. Ils diffèrent un peu de ceux de M. Reusch, qui a trouvé pour les couleurs d'axes des cristaux d'hypersthène de la cendre du Krakatau:

c verdâtre
b brunâtre
a brun avec une teinte rouge.

Augite.

Par le triage à la loupe je m'étais procuré, ainsi qu'il a été dit à propos de l'hypersthène, une petite quantité de cristaux d'augite purs; ceux-ci furent examinés un à un au microscope, et je ne retins que ceux qui, pendant la rotation au-dessus du nicol inférieur, conservaient leur couleur verte et ne montraient donc aucun ou presque aucun dichroïsme; tout mélange d'hypersthène se trouvait ainsi exclu. Comme l'hypersthène et l'augite, dans la cendre du Krakatau, sont à peu près dans le rapport de 2 : 1, le poids de l'augite pure était encore moindre que celui de l'hypersthène. Je ne pus en rassembler que 50 milligrammes.

Composition chimique. Cette augite fut autant que possible débarrassée, de même que l'avait été précédemment l'hypersthène, des inclusions de magnétite. La poudre purifiée, qui ne pesait que 0.0477 gramme, donna à l'analyse les résultats suivants:

SiO_2	=	48.6%.
TiO_2	=	traces
Al_2O_3	=	8.2
FeO	=	14.0
MnO	=	traces
CaO	=	18.9
MgO	=	11.6
		101.3%.

Nous avons donc évidemment affaire à une vraie augite, riche en chaux et qui par là se distingue nettement de l'hypersthène.

Forme cristalline. Bien que tous les minéralogistes donnent la même position aux axes des cristaux d'augite, il y a deux manières de concevoir ces cristaux; dans la première, celle de NAUMANN, la terminaison oblique si commune (le biseau de l'augite) est prise pour pyramide positive, et l'on obtient par conséquent pour l'inclinaison des axes a et c une valeur très différente d'un angle droit, savoir $\beta = 74° 11'$; dans la seconde, celle de TSCHERMAK, en vue de l'accord avec le pyroxène orthorhombique, on prend au contraire β aussi rapproché que possible d'un angle droit, savoir, égal à 89° 38′ (en adoptant pour base (oP) l'hémidôme $^1/_2$ $P\bar{\infty}$ de NAUMANN).

Il y a certainement beaucoup à dire en faveur de cette dernière forme primitive; néanmoins, dans ce qui va suivre je donnerai aux faces les notations de NAUMANN, généralement usitées aujourd'hui.

L'étude des cristaux d'augite se fit de la même manière que celle de l'hypersthène. Eux aussi avaient la forme de prismes verticaux, mais de prismes en général plus épais que chez le pyroxène orthorhombique. La dimension de la plupart des cristaux était la même que celle des cristaux d'hypersthène, quoiqu'il s'en rencontrât aussi de plus grands, par exemple, de 1 millimètre de longueur et de 0.5 millimètre de largeur.

Les petits prismes d'augite avaient pour section transversale un octogone ou un carré à angles tronqués. De même que chez l'hypersthène, les deux pinacoïdes verticaux y étaient presque toujours le plus développés et les faces du prisme subordonnées.

Dans le baume du Canada, les cristaux se couchaient donc presque toujours sur ∞P$\grave{\infty}$ ou sur ∞P$\bar{\infty}$. On pouvait trier optiquement ceux qui satisfaisaient très exactement à cette condition. Ces petits prismes bien orientés furent employés pour l'examen des formes cristallines et des propriétés optiques.

La terminaison de nos cristaux d'augite est ordinairement plus riche en facettes que celle des cristaux d'hypersthène. Les faces observées sont: + P (s), — P (u), + 2P (o), — 2P (v), oP (t), ∞P (M), ∞P$\bar{\infty}$ (r), et ∞P$\grave{\infty}$ (l).

On peut distinguer deux types principaux parmi ces cristaux d'augite:

1. Ceux qui possèdent une terminaison pyramidale, consistant quelquefois en des hemi-pyramides, mais le plus souvent en des pyramides complètes.
2. Ceux qui ont une terminaison plane, formée de la face oP, mais où se voient aussi, comme troncatures étroites, les pyramides.

Le premier type est représenté par les figures 6 et 10, le second par la figure 5 du Traité de Naumann-Zirkel (*Lehrbuch der Mineralogie*, 10e éd., p. 590). Le second type se rencontre moins abondamment que le premier, on trouve aussi des formes intermédiaires, présentant la terminaison pyramidale légèrement tronquée par oP, ainsi que le montrent les fig. 7 et 9 du Traité de Naumann-Zirkel.

Il est encore à noter que la forme ordinaire de l'augite volcanique, celle que ce minéral présente par exemple dans les basaltes, et dans laquelle la terminaison n'est formée que du biseau augitique (s = + P), est très rare dans notre cendre. Presque toujours les terminaisons y sont beaucoup plus chargées de facettes, de sorte que les cristaux d'augite du Krakatau offrent en général plutôt le type du diopside que celui de l'augite des basaltes.

La mesure des angles plans était ici moins nécessaire que pour les hypersthènes, parce que les nombreuses zones permettaient de ramener facilement les faces à des formes connues de l'augite.

Chez les cristaux qui reposaient sur le clinopinacoïde on pouvait observer, en les faisant tourner sur eux-mêmes au-dessus du nicol

inférieur, que la couleur était un peu plus foncée suivant l'axe d'élasticité *c* que suivant l'axe d'élasticité *a*; la différence était petite, mais toujours distincte. Comme le premier de ces deux axes est situé dans l'angle obtus *β*, on sait directement comment les cristaux doivent être placés, et on a donc, dans cette différence de teinte, un moyen d'orientation.

Outre les cristaux simples, il y avait des mâcles suivant la loi ordinaire: plan d'assemblage = l'orthopinacoïde, caractérisées par l'angle rentrant que forment à l'une des extrémités les hémipyramides. Parfois aussi des cristaux simples contenaient des lamelles hémitropes, intercalées d'après la même loi.

Clivage. Chez l'augite le clivage vertical est beaucoup plus distinct que chez l'hypersthène, bien qu'on trouve aussi quelques cristaux d'augite qui n'en présentent aucune trace.

Dans quelques-uns des cas rares où l'on rencontre des cristaux d'augite cassés perpendiculairement à l'axe $\acute{c}$ et ayant une position à peu près verticale, on peut constater nettement que le clivage est prismatique et dirigé parallèlement aux côtés courts des sections octogonales. Clivage suivant l'un des pinacoïdes verticaux nul ou très indistinct. Pas plus que chez l'hypersthène, on ne voit, quelque apparence de structure lamelleuse (dite diallagique).

Propriétés optiques. Le cas favorable, où les cristaux prismatiques se posent dans le baume du Canada sur l'un des deux pinacoïdes verticaux, se présente aussi, comme nous l'avons dit, chez l'augite; examine-t-on en effet une semblable préparation, on trouve que presque tous les cristaux éteignent ou bien parallèlement, ou bien sous un grand angle (de 40° à 45°), ce qui dénonce que les premiers sont couchés sur leur orthopinacoïde ($\infty P\bar{\infty}$), les seconds sur leur clinopinacoïde ($\infty P\breve{\infty}$). Quelques rares cristaux seulement montraient un angle d'extinction plus petit et reposaient donc manifestement sur une face intermédiaire, par exemple sur le prisme.

Comme confirmation, quelques petits prismes d'augite furent déposés librement sur un porte-objet, puis retournés de 90° autour de leur axe longitudinal; dans l'un des cas j'obtins l'extinction parallèle, dans l'autre, l'extinction à 45° environ.

En outre, sur quelques fragments dont la cassure était perpendiculaire à l'axe vertical, qui se tenaient debout et montraient donc la section octogonale, on observa que les extinctions étaient parallèles aux longs côtés de l'octogone, tandis qu'elles faisaient des angles de 45° avec les faces du prisme et avec le clivage, parallèles à ces faces.

Ces observations fournissent, comme on le voit, des preuves surabondantes du caractère monoclinique des cristaux en question.

On sait que chez l'augite les axes optiques (et par conséquent aussi les deux axes d'élasticité *a* et *c*) sont situés dans le plan de symétrie $\infty P\grave{\infty}$. Mais il n'est pas possible de lire directement l'angle d'extinction *c*/c, parce que les cristaux d'augite présentent les uns des angles d'extinction plus petits que 45°, les autres des angles d'extinction plus grands (M. Tschermak a trouvé que, chez des cristaux d'augite différents, l'angle *c*/c variait de 39° à 54°). On ne peut donc pas décider directement si l'on a mesuré *c*/c ou *a*/c.

Comme on donne toutefois pour l'absorption de l'augite $c > a \geqq b$ (Rosenbusch, *Mikr. Phys. d. Mineralien,* p. 291), et que réellement, chez les cristaux reposant sur $\infty P\grave{\infty}$, j'ai toujours trouvé la couleur suivant l'un des axes d'élasticité distinctement plus foncée que la couleur suivant l'autre axe, le premier a toujours été pris pour axe *c* et c'est par rapport à lui que l'extinction a été déterminée. J'ai trouvé ainsi les valeurs 42°, 44°$^1/_2$, 46°, 43°, 41°, 41°$^1/_2$, 40°, 42°, 45°, donc, en moyenne, 42$^1/_2$°.

En lumière polarisée convergente, les petits prismes d'augite qui reposent sur $\infty P\bar{\infty}$ laissent voir, comme on pouvait s'y attendre, l'un des traces des axes optiques entouré de beaux anneaux colorés concentriques. Les cristaux couchés sur $\infty P\grave{\infty}$ deviennent seulement, de même qu'en lumière polarisée parallèle, obscurs lorsque les axes d'élasticité coïncident avec les sections principales des nicols.

Couleur. La couleur est d'un vert-olive passant au vert végétal, c'est-à-dire, à un vert plus au moins mêlé de brun et de jaune; elle varie beaucoup avec l'épaisseur des cristaux; les plus minces ayant naturellement des couleurs pâles.

Pléochroïsme et absorption. Dans l'augite, contrairement à ce qui existe chez l'hypersthène, ces deux propriétés sont très peu prononcées. En faisant tourner au-dessus du nicol inférieur les cristaux qui reposaient sur $\infty P \grave{\infty}$, on observait que, suivant les deux directions dans lesquelles il y avait extinction entre les nicols croisés, la couleur était vert-olive. Suivant l'une des deux cette couleur était toujours un peu plus foncée que suivant l'autre, et, en outre, la plus claire offrait toujours une légère teinte de jaune. Les auteurs indiquant, comme il a déjà été dit, que chez l'augite l'absorption suivant *c* est la plus forte, j'ai toujours regardé la première direction comme l'axe *c*, la seconde comme l'axe *a*.

Les cristaux qui reposaient sur l'orthopinacoïde $\infty P \bar{\infty}$ étaient vert d'herbe parallèlement à l'axe longitudinal et vert-olive jaunâtre dans la direction perpendiculaire. Cette dernière couleur, qui est celle suivant l'axe *b*, ressemblait presque exactement à celle suivant l'axe *a*. (L'autre couleur, suivant l'axe longitudinal, bien entendu ne donne pas la couleur de l'axe *c*; pour avoir celle-ci, il faudrait une lamelle taillée suivant cet axe).

Les trois couleurs d'axes sont donc:

suivant *c* le vert-olive
» *a* et *b* le vert-olive avec une teinte de jaune,

et pour l'absorption on a:

$$c > b = a.$$

Les trois couleurs d'axes différant déjà très peu l'une de l'autre, il doit en être de même, à plus forte raison, pour les couleurs de faces; celles-ci, en effet, présentent toujours la même teinte vert-olive.

Associations de l'augite et de l'hypersthène. La cendre du Krakatau nous offre de très intéressants exemples de groupement entre le pyroxène orthorhombique et le pyroxène monoclinique.

Pendant l'examen des deux pyroxènes, plusieurs de ces associations furent découvertes et préparées séparément.

La soudure a lieu suivant une loi déterminée. D'abord, les deux axes verticaux coïncident; en outre, l'orthopinacoïde $\infty P \bar{\infty}$ de l'augite est toujours parallèle au brachypinacoïde $\infty P \breve{\infty}$ de l'hypersthène, et

par conséquent ∞P$\grave{\infty}$ de la première est aussi parallèle à ∞P$\bar{\infty}$ du second, tandis que les faces des prismes des deux pyroxènes sont parallèles entre elles.

Tout cela était facile à constater optiquement. Lorsque, par exemple, l'augite possédait une extinction d'environ 45° et reposait donc sur ∞P$\grave{\infty}$, l'hypersthène, quand on le faisait tourner après avoir enlevé l'analyseur (nicol supérieur) présentait les couleurs verte et jaune-brunâtre (et en lumière polarisée convergente montrait la croix noire) et par conséquent reposait sur ∞P$\bar{\infty}$; de même, quand l'augite éteignait parallèlement (et en lumière polarisée convergente faisait voir un trace d'axe, entouré d'anneaux colorés) et reposait donc sur ∞P$\bar{\infty}$, l'hypersthène présentait pendant la rotation les couleurs verte et brun-noirâtre, indiquant qu'il reposait sur ∞P$\breve{\infty}$. Les plans des axes optiques des deux pyroxènes sont donc, dans ce cas, perpendiculaires l'un à l'autre.

En ce qui concerne la dimension et la place des deux individus, le groupement montrait beaucoup de variété: tantôt ces individus étaient accolés l'un à l'autre, tantôt ils étaient placés bout à bout; parfois les deux cristaux avaient à peu près les mêmes dimensions, d'autres fois un petit cristal d'hypersthène était uni à un grand cristal d'augite, ou réciproquement.

Les feldspaths monocliniques et tricliniques nous offrent des groupements où les cristaux associés ont leurs axes correspondants parallèles, et il serait possible qu'il en fût de même dans les groupements des pyroxènes orthorhombique et monoclinique. On serait alors conduit à admettre la justesse des vues de M. VON LANG quant au placement des cristaux du pyroxène orthorhombique, d'autant plus que la similitude de situation du plan des axes optiques paraît souvent avoir moins d'importance que l'accord des constantes cristallographiques pour la position à donner aux cristaux de certaines espèces minérales; chez la sanidine, par exemple, quelques cristaux ont leurs axes optiques situés dans le plan de symétrie ∞P$\grave{\infty}$, d'autres dans un orthodôme faisant avec oP un angle de 5°, et en outre, par l'échauffement, ces axes peuvent passer d'une position à l'autre.

Magnétite.

On trouve dans la cendre du Krakatau deux espèces de grains ferrugineux, le *fer oxydulé* octaédrique ordinaire, fortement magnétique, auquel appartiennent la plupart de ces grains, et le *fer titané* non magnétique, rhomboédrique, qui est très peu abondant.

On se procure rapidement une grande quantité de magnétite en promenant un barreau aimanté au-dessus d'une feuille de papier sur laquelle on a étalé la cendre volcanique préalablement lavée. Il est pratique d'envelopper l'extrémité du barreau de papier très mince; on peut alors, en retirant un peu cette gaîne, faire tomber la chevelure de magnétite qui s'y était attachée et la recueillir directement sur un papier propre. Des petits grains de feldspath et de pyroxène pouvant aisément être entraînés avec la magnétite, il est bon de recommencer l'opération sur celle-ci. Le produit ainsi obtenu est toutefois encore très souillé d'éléments étrangers (surtout de pyroxène), qui contiennent de la magnétite incluse. On l'en débarrasse sans peine à l'aide de la loupe et de l'aiguille.

Quoique cette magnétite soit attirée par l'aimant, elle-même n'attire pas le fer; son magnétisme est donc seulement rétractif, non attractif.

Elle se présente très souvent en beaux petits octaèdres nettement limités, dont les faces triangulaires brillent, à la lumière incidente, d'un vif éclat d'acier bleui. Jamais je n'ai observé d'autres formes, par exemple $\infty O \infty$, mais j'ai bien rencontré des mâcles suivant la loi du spinelle (plan de jonction $= O$).

Lorsque les cristaux sont brisés, ils montrent une cassure distinctement conchoïdale.

Au chalumeau, dans la perle de sel de phosphore, la magnétite présente la réaction ordinaire du fer et en outre, après traitement au feu de réduction et refroidissement, une teinte violette faible, mais distincte, qui indique la présence du *titane*.

Ce titane ne peut être attribué à du fer titané rhomboédrique mêlé à la magnétite, car des octaèdres de magnétite choisis et très nets donnaient également la réaction du titane.

Il m'a paru intéressant de déterminer la proportion de TiO_2 dans la magnétite de la cendre du Krakatau. A cet effet, la magnétite fut fondue avec $KHSO_4$ et le produit dissous dans une grande quantité d'eau froide; après avoir séparé par le filtre la poudre de pyroxène non attaquée (elle s'élevait à 20%), on traita la liqueur par SO_2, pour réduire tout le sulfate ferrique à l'état de sulfate ferreux, puis on la fit bouillir pendant longtemps. Le précipitat d'acide titanique hydraté fut lavé, séché et pesé. Comme la liqueur était très chargée de fer, et que par conséquent l'acide titanique pouvait être ferrugineux, il fut encore une fois fondu avec $KHSO_4$ et précipité par ébullition. Ce nouveau précipité était blanc de neige; il pesait 6.73% du poids de la magnétite pure débarrassée de pyroxène.

Quant à la forme sous laquelle cet acide titanique se trouve, c'est très probablement la combinaison Fe_2TiO_4 (titanate ferreux) = $FeO\ (FeOTiO_2)$, qui, à cause de la similitude de sa formule chimique avec celle de la magnétite, $Fe_3O_4 = FeO,\ Fe_2O_3$, sera isomorphe avec celle-ci. En calculant donc la quantité de cette combinaison qui correspond au TiO_2 trouvé, on obtient pour la composition de la magnétite du Krakatau:

81.62% Fe_3O_4
18.38% Fe_2TiO_4.

Bien entendu la proportion variera, comme dans tout autre mélange d'éléments isomorphes, d'un cristal à l'autre, et les chiffres qui précèdent ne représentent que la composition *moyenne* de la magnétite.

Ilménite (Fer titané).

Lorsqu'on a fait agir le barreau aimanté sur ceux des cristaux de la cendre du Krakatau qui sont plus lourds que 3.0, et que par ce

moyen on en a extrait la magnétite, on trouve parmi les cristaux qui restent, et qui sont presque entièrement composés de pyroxène, un petit nombre de grains noirs. Après que ceux-ci ont été triés, on reconnaît qu'ils consistent pour une grande partie en lamelles hexagones noires, à éclat métallique. Quelquefois ces mêmes petits hexagones plats de minerai de fer se voient, comme inclusions, dans les cristaux de feldspath.

Si l'on dissout une couple de ces lamelles dans le sel de phosphore et qu'on chauffe longtemps au feu de réduction, la perle présente en se refroidissant une couleur violette beaucoup plus prononcée que celle donnée par la magnétite, tandis que la réaction du fer est plus faible qu'avec ce dernier minéral.

La substance est donc indubitablement du vrai fer titané rhomboédrique, non magnétique (ilménite).

En examinant les lamelles hexagonales attentivement au microscope, à la lumière réfléchie, on voit qu'elles ne sont pas limitées par un prisme, mais par un rhomboèdre; elles offrent donc la combinaison oR, R, ordinaire chez l'ilménite. Parfois le rhomboèdre est très développé, de sorte que oR n'apparaît plus que comme face triangulaire.

Le fer titané recueilli était en quantité trop petite pour qu'on pût en faire l'analyse.

Apatite.

Ce minéral pénètre tous les éléments de la cendre du Krakatau, magnétite, pyroxène, feldspaths, de sorte qu'il est certainement l'un des premiers formés. Il semble que les cristaux d'apatite originairement déposés dans la masse vitreuse aient servi de points d'attache pour les autres éléments.

Il se présente sous la forme connue de petits prismes hexagonaux à pointement pyramidal (∞P, P), bien conformés, incolores. Souvent on voit aussi leurs sections hexagonales. Quelques cristaux de pyroxène sont traversés d'une foule de ces petits pris-

mes d'apatite. Les dimensions sont très petites: 0.06 à 0.20 millimètre.

Entre les nicols croisés ils polarisent distinctement, mais en ne donnant, à cause de leur faible épaisseur, que du blanc et du bleu pâle du 1er ordre. Ils éteignent parallèlement. Leurs sections transversales restent obscures pendant la rotation entre les nicols croisés.

Souvent ils renferment au centre des inclusions longitudinales de verre brun, qui y occupent parfois un espace très considérable. Ces inclusions vitreuses, qui sont limitées nettement entre des lignes parallèles, montrent, sur des sections transversales, non pas un contour hexagonal, mais un contour rond ou elliptique (ce ne sont donc pas des prismes hexagonaux négatifs, mais des cylindres de verre). Leurs terminaisons ne sont pas non plus pyramidales, mais arrondies.

Si nombreux que soient les petits prismes d'apatite à l'intérieur des autres éléments, on éprouve beaucoup de difficulté à se procurer un certain nombre de cristaux isolés. On y réussit le mieux en les cherchant dans les éléments de la cendre qui se sont précipités au sein d'une liqueur de THOULET ayant la densité 3.0; l'apatite, en effet, possède la densité 3.2.

Eléments étrangers.

Outre les minéraux ci-dessus décrits, qui constituent les éléments pétrographiques de la cendre du Krakatau, il y en a encore quelques autres, qui s'y sont introduits accidentellement et sont donc étrangers à sa composition. A cette catégorie appartiennent la pyrite et l'anhydrite.

Pyrite. Ce minéral existe en très faible proportion dans la cendre du Krakatau. La meilleure manière d'en rassembler une quantité un peu notable est de prendre pour point de départ ceux des éléments de la cendre qui se sont déposés dans une liqueur de THOULET d'une densité $>$ 3.0. Apres que le barreau aimanté en

a extrait la magnétite, il reste des cristaux de pyroxène, au milieu desquels se distinguent aisément, par leur couleur jaune, les rares petits cristaux de pyrite; on les isole à l'aide de la loupe et de l'aiguille.

La pyrite de la cendre se trouve le plus souvent en petits cristaux nets, isolés (ou en groupes), dont les dimensions varient ordinairement de 0.15 à 0.3 millimètre. En les faisant tourner avec la table rotative sous le microscope à la lumière réfléchie, on peut facilement reconnaître leurs formes. Ils sont composés de $\infty O \infty$, $\frac{\infty O 2}{2}$ et O. Les uns sont des cubes simples, à faces striées parallèlement à l'arête, les autres des dodécaèdres pentagonaux simples, d'autres encore des combinaisons de ces deux formes. L'octaèdre se montre rarement et il reste toujours subordonné, à l'état de petite troncature triangulaire.

Il est à peine besoin de dire que ce minéral, qui jusqu'ici n'a jamais été rencontré comme élément originel dans les roches volcaniques (mais seulement, lorsqu'il y existe, comme produit hydatogène secondaire), n'a pu prendre naissance au sein du magma fondu.

Dans notre cas, d'ailleurs, l'origine des cristaux de pyrite n'est guère entourée d'obscurité. Parmi les débris du substratum du Krakatau, rejetés lors de l'éruption, il y avait aussi des fragments d'andésite quartzifères, qui ont été décrits dans la partie géologique de cet ouvrage, et dont les cavités sont souvent très riches en petits cristaux de pyrite, semblables à ceux dont il est ici question. En outre, à quelques-uns des cristaux de pyrite de la cendre on voit encore attachés des restes de la pâte felsitique, d'un blanc laiteux presque opaque, de l'andésite quartzifère.

Très rarement on trouve aussi des cristaux de pyrite enclavés dans le verre de la dernière éruption, ce qui ne saurait surprendre, puisque toute sorte de fragments du sous-sol auront naturellement été englobés dans le magma fondu. La non-décomposition de la pyrite, dans ces circonstances, se laisse expliquer par le fait que, sous une

forte pression, la dissociation de FeS_2 ne peut pas avoir lieu, pas plus, par exemple, que celle de $CaCO_3$.

En quelques points, d'ailleurs, la pyrite a réellement perdu par la chaleur la moitié de son soufre, comme le prouve la présence de la:

Pyrite magnétique (*pyrrhotine*). Ce minéral est très rare dans la cendre. Néanmoins, j'ai réussi à en trouver quelques lamelles hexagonales, d'un brun bronzé, à éclat métallique, composées de oP et ∞P, légèrement courbes et fortement magnétiques.

L'explication la plus simple de la formation de ce minéral est celle qui a été indiquée plus haut et qui le fait naître par échauffement de la pyrite et cristallisation du FeS fondu.

Anhydrite. Si l'on commence la séparation des feldspaths d'après leurs densités en employant une liqueur de 2.780, il se précipite quelques petits cristaux, les uns incolores, les autres d'un blanc mat, qu'à première vue on prendrait pour du feldspath. Ensuite, il ne se précipite plus rien ni à 2.770, ni à 2.760, ni à 2.750, et ce n'est qu'un peu après 2.745 que du feldspath commence à se déposer.

Par cette remarquable différence de densité les premiers cristaux attirèrent tout d'abord mon attention, et l'examen ultérieur de leurs propriétés physiques et chimiques mit bientôt hors de doute qu'ils appartenaient à l'*anhydrite*.

Au microscope, on voit que ce sont des parallélipipèdes rectangulaires et des cubes, caractérisés par trois directions de clivage perpendiculaires entre elles, qu'on met facilement en évidence en brisant avec précaution un des cristaux. Deux de ces clivages sont très parfaits, le troisième est moins facile.

Les petites plaques détachées par la cassure ont un contour exactement rectangulaire, ainsi que je m'en suis assuré par des mesures.

Optiquement, les cristaux se distinguent immédiatement de ceux des feldspaths, en ce que ces derniers polarisent vivement, ce que ne font pas les cristaux d'anhydrite. Ceux-ci restent incolores et

montrent seulement, quand on les tourne entre les nicols croisés, des alternatives de clarté et d'obscurité. On voit toutefois apparaître les couleurs lorsque l'anhydrite est en lamelles minces, de sorte que le blanc des cristaux normaux est composé des couleurs des ordres supérieurs. Les éclats les plus minces donnent même des couleurs de polarisation très vives. Chez toutes les lamelles, sans exception, l'extinction est complètement parallèle, ce qui — vu qu'il y a aussi des cristaux cuboïdes et qu'on a donc probablement affaire à des cristaux reposant sur chacune des trois faces — indique assez sûrement une forme cristalline orthorhombique. Comme je n'ai jamais rencontré de lamelles restant obscures pendant une rotation entière, le minéral ne saurait être quadratique. Cela est prouvé, en outre, par la circonstance que la lumière polarisée convergente y fait parfois apparaître de belles lemniscates, avec croix noire se changeant en hyperboles obscures quand on tourne le cristal.

A l'intérieur des cristaux on remarque, à un bon grossissement, des files d'octaèdres excessivement petits, mais très nets, rangés longitudinalement. Je n'ai pu décider si c'étaient des cavités ou des inclusions. On ne peut guère songer toutefois à des cristaux négatifs, car la forme octaédrique se concilie difficilement avec celle de l'anhydrite. Peut-être sont-ce des octaèdres de sel gemme, minéral qui accompagne assez souvent l'anhydrite.

L'examen microchimique donna les résultats suivants. Dans HCl le minéral ne se dissout ni à froid, ni à chaud. Avec le sel de phosphore il fond rapidement en une perle incolore, avec formation de quelques bulles (de SO_3 dégagé). Traité par la soude sur le charbon au feu de réduction, il donne un hépar marqué (S). Chauffé seul au chalumeau, il communique à la flamme incolore une teinte orangée (Ca). Par ces diverses réactions, jointes aux propriétés physiques, le minéral est suffisamment caractérisé comme anhydrite.

Pour confirmer, au besoin, cette détermination, il suffit de chauffer itérativement un petit cristal avec quelques gouttes de HCl sur un

verre porte-objet, puis d'évaporer à siccité. Bien que le cristal lui-même ne paraisse pas attaqué, la volatilisation de HCl laisse pourtant une petite croûte saline. Abandonnée à elle-même, celle-ci attire de l'eau au bout de quelque temps, et au microscope on voit alors de petits cristaux de gypse très distincts, ordinairement groupés en mâcles et éteignant sous un très grand angle.

En ce qui concerne l'origine de cette anhydrite, il ne saurait être question, ici non plus, de formation primitive au sein du magma liquide; selon toute apparence, ce $CaSO_4$ anhydre est dû à du gypse, provenant lui-même du sol ou des roches plus anciennes de Krakatau. Plus haut, on a décrit une veine qui renferme du gypse, dans ses cavités; beaucoup d'autres veines analogues existaient probablement, surtout dans l'ancien cône du Danan, et nous pouvons donc admettre que le gypse a été mêlé avec la masse vitreuse fondue. Ce minéral perdant déjà ses deux molécules d'eau de cristallisation un peu au-dessus de 100° C., il n'est pas étonnant que lors de l'éruption presque tout le gipse ait été transformé en anhydrite par la chaleur, et que nous n'en trouvions pour ainsi dire plus dans la cendre elle-même. Lorsqu'on traite la cendre par l'eau, le liquide ne contient, en effet, qu'une très minime quantité de gypse; l'anhydrite est à peu près insoluble dans l'eau.

Il est possible aussi que l'anhydrite dérive de l'eau de mer. On sait que d'une solution aqueuse de $CaSO_4$ et NaCl, chauffée à 125° C, le premier des deux sels cristallise sans eau (anhydrite), et, dans les incrustations des chaudières à vapeur des navires, $CaSO_4$ se dépose également à l'état anhydre; il se pourrait donc que l'anhydrite de la cendre eût pris naissance par l'évaporation subite de l'eau de mer au moment de l'éruption. Pour cela, toutefois, la quantité de cette anhydrite me paraît trop considérable, de sorte que je regarde le premier mode de formation, aux dépens du gypse, comme ayant le plus de probabilité.

Les vapeurs d'acide sulfureux paraissent donc avoir joué dans les éruptions du Krakatau, comme dans la plupart des éruptions volçaniques, un rôle important; en s'oxydant, ces vapeurs donnè-

rent lieu à la production de sulfates, qui circulèrent à l'état de dissolution et dont le moins soluble, le gypse, se déposa en différents points du manteau du volcan. Plus tard, lors de l'éruption de 1883, ce gypse, en contact avec le magma fondu, fut transformé en anhydrite.

Autres éléments étrangers. Comme tels je mentionnerai, en terminant: des grains de roches étrangères, reconnaissables les uns pour des débris d'andésites quartzeuses anciennes, les autres pour des fragments calcinés de marne et d'argilite, tous originaires du sous-sol de Krakatau (voir ci-dessous); enfin, quelques fragments de coquilles et de coraux, provenant du fond de la mer.

Fragments, provenant du sous-sol de Krakatau, rejetés lors de l'éruption du mois d'Août 1883. En décrivant les produits des périodes antérieures, j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'appeler l'attention sur des fragments de l'ancien volcan, qui furent éjaculés en 1883. A l'extrémité ouest de Krakatau on trouve toutefois encore d'autres fragments, qui évidemment ne proviennent pas du volcan; ce sont des morceaux de marne et d'argile, et des débris de roches éruptives, ne prenant aucune part à la constitution du Krakatau. Ces matières rejetées étrangères, qui doivent provenir du sous-sol du volcan, vont maintenant être décrites.

Fragments de marne et d'argile, d'âge diluvien ou récent.

Ce sont des matières gris clair, quelquefois tendres et s'émiettiant sous les doigts, mais ordinairement beaucoup plus dures. Les fragments atteignent la grosseur du poing et même celle de la tête; la plupart font effervescence quand on les humecte d'acide chlorhydrique, mais tous ne le font pas au même degré, et quelques morceaux ne contiennent même aucune trace de carbonate de chaux.

Si l'on pulvérise ces fragments et qu'on soumette la poudre à la lévigation, puis à l'action de l'acide chlorhydrique, on reconnaît au

microscope que tous contiennent des matières volcaniques d'âge moderne, savoir, du verre poreux, du verre dévitrifié granuleux et rempli de microlithes, du verre non granuleux et ne renfermant qu'un petit nombre de microlithes, des grains de feldspath, d'hypersthène, d'augite et de magnétite. La quantité relative de ces éléments est toutefois très variable; les cristaux sont toujours rares, mais dans quelques-uns des fragments on ne voit que çà et là une particule de verre poreux, tandis que d'autres sont en grande partie composés de ce verre. Quelquefois aussi on ne trouve que des particules de verre granuleux brun, sans verre poreux. Comme le volcan Krakatau, ainsi qu'on l'a vu par la description des roches, ne paraît avoir fourni de la ponce que dans la dernière période de son activité, la teneur différente en ponce est peut-être liée à une différence d'âge; toutefois, quelques cendres de l'éruption de 1883 sont elles-mêmes très pauvres en ponce, et l'absence de cet élément n'est donc pas une preuve décisive d'ancienneté relative. En tout cas, nous ne pouvons rapporter les fragments éjaculés à une époque plus reculée que l'époque quaternaire, et une grande partie est probablement plus jeune et appartient aux dépots récents. Ces fragments proviennent donc d'un tuf marin, qui s'était formé sur le lit de la mer autour du volcan; lors de l'éruption du 27 Août, l'affaissement qui se produisit ne resta pas borné à l'île Rakata, mais s'étendit aussi à une partie du fond de la mer circonvoisine, comme le montrent les grandes profondeurs indiquées sur nos cartes en dehors de l'île ancienne. Par suite de cet effondrement, des blocs du tuf parvinrent dans le grand cratère, d'où ils furent ensuite rejetés avec les derniers produits. La circonstance qu'on ne les trouve qu'à la surface des puissantes masses de sable ponceux, et non à leur intérieur, est aussi une preuve qu'ils n'ont été amenés au jour que dans les dernières éruptions du Lundi. Il est à remarquer que quelques-uns de ces fragments de marne récente possèdent une grande cohérence, propriété qui se rencontre rarement dans les tufs diluviens. Peut-être doivent-ils cette ténacité à la forte chaleur éprouvée pendant l'éruption.

Dans la plupart des fragments de marne, les éléments cristallins et vitreux, cités plus haut, sont liés par un très abondant ciment de particules calcaires spathiques.

Un commencement d'altération a rendu plus ou moins troubles les particules de verre granuleux.

Les corps les plus intéressants, parmi ces matières calcarifères, sont les petites boules grises ou noires, de $^1/_2$ à 6 centimètres de diamètre, qu'on trouve ordinairement éparses à la surface du sable ponceux, enfoncées jusqu'à mi-hauteur.

Elles présentent toutes sortes de formes, irrégulièrement noueuses, ellipsoïdales, globuleuses et quelquefois si parfaitement sphériques qu'on les prendrait pour des produits artificiels. Précédemment, j'avais cru devoir attribuer leur forme plus ou moins régulièrement arrondie à un mouvement de rotation rapide, éprouvé par les fragments et détritus marneux, dans l'eau et dans l'air, au moment de l'éjaculation. Lors de ma seconde excursion à Krakatau, en Août 1884, j'ai toutefois trouvé, parmi les fragments rejetés, un morceau d'argilite gris clair contenant plusieurs de ces petites boules dans son intérieur, et à ma troisième visite, au mois de Septembre de la même année, une petite boule fut aussi rencontrée dans une marne grise.

Il faut en conclure que ces corps possédaient déjà la forme ronde avant l'éjaculation, et qu'ils doivent probablement être considérés comme des concrétions formées au sein des tufs. La présence de ces boules, très riches en calcaire, dans des roches qui elles-mêmes sont parfois tout à fait dépourvues de chaux, n'en reste pas moins assez difficile à expliquer; on doit admettre que toute la chaux disponible s'est concentrée dans les boules. La forme exactement sphérique de beaucoup d'entre elles est aussi un phénomène très remarquable; je ne connais rien d'analogue parmi les innombrables concrétions qui ont été décrites.

En cassant une de ces boules par le milieu, on y distingue quelquefois un groupement testacé confus des particules, groupement accusé par des anneaux concentriques alternativement plus foncés et

plus clairs, qui toutefois ne sont jamais nettement tranchés. Il résulte de cette structure que, par l'effet de l'altération à l'air, la croûte extérieure s'exfolie et tombe en écailles. A l'oeil nu, aucune particule minérale ne se fait remarquer au centre de la boule, mais au microscope on voit parfois en ce centre un petit agrégat radié d'aragonite.

Dans quelques-unes des boules on trouve des fissures, qui sont tapissées d'aiguilles d'aragonite rayonnantes. Lorsqu'on casse une pareille boule, elle se rompt ordinairement suivant la fissure, et on pourrait alors croire que toute la masse possède une belle structure radiée; une cassure perpendiculaire à la première montre directement que cela n'est pas le cas.

L'argilite gris clair qui contient les boules, et qui ne donne aucune effervescence avec l'acide chlorhydrique, absorbe l'eau avec avidité, et renferme quelques rares petits fragments de bois altéré et noirci; on n'a pu y découvrir ni débris de coquilles, ni tests de foraminifères. L'examen microscopique de la poudre lévigée nous apprend que la roche est essentiellement composée de verre trouble dévitrifié, avec peu de verre poreux blanc, et quelques particules de feldspath et cristaux de magnétite. Les éléments cristallins y sont en très petite quantité.

Les boules elles-mêmes, qui toutes font vivement effervescence avec l'acide chlorhydrique, montrent au microscope une mosaïque de particules de spath calcaire, colorées en jaune très clair. Le principe colorant est probablement d'origine organique, car, en précipitant par l'ammoniaque la dissolution chlorhydrique, on n'obtient qu'un très faible précipité brun d'hydrate d'oxyde de fer. La matière colorante n'existe toutefois pas à l'état de pigment, mais à celui de dilution, ce qui suivant M. Fischer (*Kritisch Mikr. Studien, IIte Fortsetz.*, Freiburg i/B 1873, p. 2) est fréquemment le cas, pour des matières colorantes bitumineuses, dans le spath fluor, le quartz, le sel gemme et le spath calcaire. Au centre des boules se trouvent des particules limpides d'aragonite, souvent groupées radialement, de sorte qu'entre les nicols croisés elles donnent plus ou moins

distinctement une croix noire d'interférence. Les boules contiennent en outre: beaucoup de particules vitreuses brunes, dévitrifiées et troubles; du verre limpide, tantôt poreux, tantôt non poreux; quelques petits fragments de feldspath et d'hypersthène, enfin de la magnétite.

Lorsqu'on traite les préparations par l'acide chlorhydrique, le spath calcaire et l'aragonite se dissolvent, et on peut alors mieux étudier les particules vitreuses et cristallines. Les boules sont donc formées des mêmes éléments que la roche où elles se trouvent, mais ces éléments sont mêlés de beaucoup de spath calcaire.

La marne, dans laquelle j'avais découvert une boule, présentait également, au microscope, de la ponce et du verre dévitrifié et trouble.

Fragments de roches éruptives.

Ce sont des fragments d'andésites très altérées, de couleur blanche, verte ou noire. Ils ressemblent tout à fait à des roches que nous connaissons dans la partie Ouest de la résidence Preanger-Regentschappen, où les unes sont en bancs qui alternent avec des couches miocènes, tandis que les autres sont plus anciennes et paraissent former la base des sédiments miocènes. Lorsqu'elles sont fortement altérées, ces roches aussi présentent ordinairement des couleurs blanches et sont, en outre, riches en cristaux de pyrite. Il paraît que la pyrite se forme aux dépens de la magnétite, car celle-ci est plus rare à mesure que la pyrite devient plus abondante, et parfois on trouve aussi, au voisinage des cristaux de pyrite, le produit blanc de la décomposition de la magnetite titanifère et du fer titané. Ce n'est pourtant pas une pseudomorphose ordinaire, car la pyrite possède ses formes cristallines propres: elle offre habituellement le cube, le dodécaèdre pentagonal, ou une combinaison de ces deux formes, à laquelle parfois s'ajoute l'octaèdre.

Les échantillons des andésites anciennes rejetées par le Krakatau sont la plupart de couleur blanche ou gris clair et montrent des cristaux de feldspath, des cristaux de pyroxène altérés, tendres, vert trouble, et beaucoup de pyrite. La pâte est très fine et

présente même parfois la compacité de la porcelaine. Un seul échantillon était noir foncé et contenait beaucoup de veines blanches d'opale.

C'est sans doute de ces roches que provient la pyrite trouvée dans la cendre de 1883.

Au microscope, la pâte se résout en un mélange finement cristallin de microlithes feldspathiques et de particules faiblement polarisantes, à formes moins nettement limitées, qui probablement consistent aussi en feldspath. Entre ces éléments on ne voit que ça et là un peu de verre limpide. Dans la pâte sont disséminés de grands cristaux de feldspath, des cristaux de pyroxène complètement changés en chlorite, un peu d'apatite, beaucoup de pyrite; quelquefois on y trouve aussi du fer titané ou de la magnétite titanifère à bord blanc de leucoxène (titanite), mais alors la pyrite manque, ou du moins est très subordonnée.

Nous possédons des échantillons analogues des roches de la grande île Taboean dans la baie de Semangka, de l'andésite à pyroxène, d'âge miocène ancien, de l'Apenberg près de Padang, et des andésites quartzifères, d'âge miocène moyen, de l'ouest des Preanger; dans ces dernières andésites, le quartz disparaît quelquefois en grande partie.

L'andésite foncée, à veines d'opale, présente également une pâte microcristalline compacte, contenant peu de verre; parmi les grands cristaux on y remarque du plagioclase, de l'augite — les plus grands individus encore intacts, les petits (hypersthène?) entièrement transformés en chlorite — de la magnétite et de l'apatite. La pyrite manque. De pareilles andésites compactes et de couleur foncée se trouvent aussi dans les Régences du Preanger.

COMPOSITION CHIMIQUE DES ROCHES DU KRAKATAU.

Les analyses que j'ai fait faire des roches récentes du Krakatau, et celles qui ont déjà été publiées par d'autres, présentent, il est vrai, certaines différences, mais toutes s'accordent à montrer qu'il s'agit d'andésites ayant, pour les Indes Néerlandaises, un caractère très acide.

Tandis que la plupart des andésites à pyroxène et des rétinites néo-volcaniques de Sumatra contiennent de 52 à 61% SiO_2, (**250**), les analyses des nouvelles roches du Krakatau donnent de 61 à 69% SiO_2. Les roches plus anciennes du volcan, en tant qu'elles appartiennent aux andésites à hypersthène, ont le même contenu en silice que les produits de 1883. *Minéralogiquement,* les roches du Krakatau se distinguent, comme nous l'avons vu, des autres andésites de l'Archipel, en ce qu'elles renferment beaucoup de tridymite et une quantité notable de verre; mais *chimiquement* aussi elles forment une exception par leur forte proportion d'acide silicique, qui est comprise entre celles des andésites à pyroxène ordinaires (61%) et celle de certaines obsidiennes et ponces de la Côte ouest de Sumatra (78%).

Parmi les roches éruptives tertiaires de l'Archipel, il n'y a qu'une rétinite andésitique à amphibole de la Côte ouest de Sumatra (67% SiO_2) et la perlite de Java's 1e Punt (69.80% SiO_2) qui se rapprochent des produits du Krakatau par la teneur en acide silicique; la première, toutefois, est une roche à hornblende, la seconde une andésite hydratifère, avec 7.4% H_2O. Parmi les andésites à pyroxène anhydres de l'Archipel, on n'en connaît encore aucune qui soit aussi acide que les produits du Krakatau.

Comme terme de comparaison pour les produits de 1883, j'ai fait déterminer de nouveau la teneur en acide silicique de quelques roches plus anciennes du volcan, les résultats des déterminations antérieures me paraissant trop élevés (**251**).

De *l'ancienne enceinte du cratère* on a examiné, sous ce rapport, la roche à tridymite de Krakatau et la roche vitreuse foncée du Poolsche Hoed; des *basaltes* du Pic Rakata, un échantillon de basalte gris clair, provenant du »Zwarte Hoek".

No.	SiO_2	H_2O				
1	69.74	—	séché à	120°	....	(252).
2	68.75	—	id.	id.	....	(253).
3	69.89	0.08	id.	id.;	calciné: 0.37%	(254).
4	70.01	0.06	id.	id.;	calciné: 0.21%	(254).
5	70.48	0.06	id.	id.;	calciné: 0.21%	(254).
6	48.81	—	id.	id.	....	(255).

No. 1 est la roche à tridymite de Krakatau; nos. 2, 3, 4 et 5 sont rélatifs à la roche vitreuse du Poolsche Hoed; no. 6 est le basalte du »Zwarte Hoek".

La teneur en eau de ces roches est extrêmement faible; le basalte contient 20% SiO_2 de moins que l'andésite à hypersthène. Celle-ci s'accorde, quant à la proportion d'acide silicique, avec les produits récents du Krakatau, ainsi qu'on le verra ci-dessous.

Des *produits de* 1883, j'ai l'avantage de pouvoir donner trois analyses très détaillées, grâce à l'extrême obligeance de mon ami le Professeur C. Winkler, de Freiberg en Saxe, à qui je suis très reconnaissant de son aide.

	No. 7.		No. 8.		No. 9. (256).	
SiO_2	60.13		66.26		68.51	
TiO_2	1.10		0.66		0.82	
Al_2O_3	17.41		16.31		15.96	
Fe_2O_3	4.30		3.38		2.61	
FeO............	1.68		1.36		1.09	
MnO	0.40	A	0.38	A	0.28	A
CaO............	3.36	99.56%	2.88	99.85%	3.14	99.31%
MgO	2.27		1.66		1.07	
K_2O............	2.46		2.23		1.82	
Na_2O............	4.88		4.11		4.01	
$CaSO_4$ (anhydrite).	1.57		0.62		—	
Matière organique.	trace		faible trace		—	
NaCl	0.75		0.65		1.09	
KCl............	trace	B	trace	B	trace	B
Na_2SO_4..........	0.22	1.11%	0.02	0.89%	—	1.34%
$CaSO_4$...........	0.11		0.21		0.22	
$FeSO_4$...........	0.03		0.01		0.03	
	100.67		100.74		100.65	

N°. 7 est la cendre recueillie, le 11 Août, par le capitaine Ferzenaar; prélevée sur la couche *supérieure* (voir p. 224).

N°. 8 est la cendre recueillie par l'auteur, à Buitenzorg, le 27 Août, entre 11 et 3 heures (voir p. 224).

N°. 9 est une ponce de couleur claire, recueillie par l'auteur, le 16 Octobre, dans l'île de Krakatau.

M. Winkler a eu la bonté de joindre à ses analyses les remarques suivantes.

»Les échantillons qui m'ont été envoyés pesaient chacun environ 15 grammes. De ces trois poudres grises (la ponce avait été pulverisée avant l'envoi Verb.), le N°. 7 avait la teinte la plus foncée, le N°. 9 la teinte la plus claire. N°. 7 contenait des particules excessivement fines, qui ne se déposaient que lentement dans l'eau, et passaient même par les pores du meilleur papier à filtre suédois. N°. 8 contenait également ces fines particules, mais en quantité moindre. Dans ce N°. 8 il y avait, en outre, beaucoup de parcelles de ponce, reconnaissables à ce qu'elles flottaient sur l'eau".

»N°. 7 contenait des traces d'une matière charbonneuse, qui ne manquait pas non plus entièrement au N°. 8. Dans le N°. 9, au contraire, cette matière ne fut pas rencontrée. Dans les N°s. 7 et 8, la quantité en était trop faible pour qu'on pût la doser; la matière se sépara lorsque la cendre, réduite en poudre fine, fut traitée par un mélange chaud d'acide chlorhydrique concentré et d'acide fluorhydrique, qui dissolvait tous les éléments minéraux".

»Les poudres contenaient toutes les trois une petite quantité de sels solubles dans l'eau. En lavant 5 grammes de cendre par 500 centim. cub. d'eau froide, avec filtration simultanée à travers d'excellent papier à filtre double, on enleva la totalité des chlorures, mais les sulfates, notamment le sulfate de chaux, ne furent dissous en entier que dans le N°. 9, et seulement en partie dans les N°s. 7 et 8. Le brome et l'iode ne furent trouvés ni dans les cendres lavées, ni dans la solution aqueuse. Le fer qui passa en très faible quantité, dans la solution aqueuse, paraît exister essentiellement à l'état de sulfate ferreux, et a, en conséquence, été compté comme tel".

»Dans les poudres lavées à l'eau se trouvaient à la fois de l'oxyde ferreux et de l'oxyde ferrique, qui furent dosés tous les deux. Comme on ne disposait toutefois que d'une quantité limitée de matière, le dosage de l'oxyde ferreux ne prétend pas à une exactitude parfaite".

»La détermination de la densité des deux sortes de cendres et de la poudre de ponce a été faite dans l'eau, vu que la quantité des matières solubles dans ce liquide est trop faible pour qu'il puisse en résulter une erreur appréciable; pour chasser l'air, obstinément retenu par les particules de ponce, il fallut avoir recours à la pompe pneumatique".

»On a obtenu de cette manière:

Densité du N°. 7 = 2.607
» » N°. 8 = 2.438
» » N°. 9 = 2.329.

»Avant l'analyse, les cendres furent débarrassées de l'eau hygroscopique au moyen du séchage à 110° C. Les éléments trouvés sont répartis en:

A. éléments insolubles dans l'eau,
B. éléments solubles dans l'eau".

Les particules charbonneuses, rencontrées en petite quantité dans la cendre du 11 Août et en proportion encore moindre dans celle du 27 Août, proviennent très probablement des troncs d'arbres carbonisés qui, avant la grande éruption, se trouvaient en foule autour des cratères.

Parmi les matières solubles dans l'eau (principalement du chlorure de sodium) nous retrouvons les éléments de l'eau de mer, qui s'est infiltrée jusqu'au réservoir de lave, ou bien a pénétré dans le cratère par en haut au moment de l'effondrement, et qui ensuite, lors de l'éruption, a été mêlée avec la cendre. Il est probable, toutefois, qu'une partie du gypse ne provient *pas* de l'eau de mer, mais de roches anciennes du Krakatau, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut.

La présence du sulfate de chaux dans la partie de la cendre qui est *insoluble* dans l'eau s'accorde parfaitement avec le fait que nous avons constaté précédemment, savoir, que la cendre contient de l'anhydrite, minéral dont l'eau ne dissout que des traces.

Le chlorure de magnésium de l'eau de mer, que l'analyse n'a *pas* décelé dans la solution aqueuse des cendres, paraît avoir été décomposé au contact de la vapeur, et s'être transformé en oxyde de magnésium ou en oxychlorure de magnésium (chlorure basique), tandis que l'acide chlorhydrique s'échappait à l'état gazeux. En ce qui concerne le brome et l'iode, il faudrait probablement, pour pouvoir les mettre en évidence, traiter par l'eau une *très grande* quantité de cendre, car ces matières n'existent qu'en très faible proportion dans l'eau de mer. D'après les dernières recherches (**257**), les sels de l'eau de mer contiennent tout au plus $^1/_4\%$ de bromure de sodium (ou $^1/_5\%$ de bromure de magnésium), et une quantité encore beaucoup moindre d'iodures. La cendre ne renfermant que 1% de sels solubles dans l'eau, 10 grammes de cendre contiendraient seulement $10 \times 0.0025 \times 0.01 = 0.00025$ gramme, soit $^1/_4$ de milligramme, de bromure de sodium. Or, la détection d'une aussi petite quantité de brome, en présence d'une grande quantité de chlore, présente des difficultés spéciales. Le fait que le brome n'a pu être décelé dans la cendre soumise à l'analyse ne constitue donc pas une preuve suffisante de l'absence totale de cet élément dans les sels de la cendre.

Enfin si le brome et l'iode n'étaient pas unis au sodium, mais essentiellement au magnésium, ces sels, au contact de la vapeur aqueuse chaude, auront été décomposés, de même que le chlorure de magnésium, et des gaz bromhydrique et iodhydrique se seront dégagés; dans ce cas, la cendre ne pourra donc contenir que des traces de brome et d'iode.

La densité du N°. 9, savoir 2.329, paraît être un peu trop faible, probablement à cause de la présence de bulles d'air dans la ponce. Une détermination exacte, faite, à l'aide de la liqueur de Thoulet, sur de petits fragments vitreux purs, sans pores ni inclusions cristallines, m'a donné la densité 2.380.

Pour l'analyse, on avait à dessein choisi la cendre foncée du 11 Août, parce qu'elle diffère le plus de la cendre du 27 Août. Elle est, en effet, dépourvue de particules de verre poreux, mais contient beaucoup de grains vitreux foncés, à inclusions de magnétite et de

granules bruns; aussi la densité de cette cendre (2.607) est-elle notablement plus élevée que celle de la cendre de Buitenzorg (2.438), et, en corrélation avec cette différence, la première des deux cendres renferme moins de silice et plus de fer que la seconde. Plus haut, j'ai déjà dit que le verre foncé de la ponce et de la cendre est probablement dû à la refonte de roches basiques (basalte) du volcan, hypothèse qui trouve une confirmation dans la faiblesse relative de la teneur en acide silicique de cette cendre. La proportion d'anhydrite y est au contraire très élevée, vraisemblablement parce que les roches ou filons du Danan, dont la refonte et l'éjaculation sous forme de cendre eurent lieu principalement *avant* la grande éruption du 27 Août, étaient riches en gypse.

Puisque ni les sels solubles dans l'eau, ni l'anhydrite ne font partie de la composition propre de la roche, nous retranchons ces matières, et calculons la proportion des autres éléments pour 100 parties de cendre. Les résultats des analyses Nos. 7, 8, 9 sont alors remplacés par les suivants:

	No. 7a.	No. 8a.	No. 9a.
SiO_2	61.36	66.77	68.99
TiO_2	1.12	0.67	0.82
Al_2O_3	17.77	16.44	16.07
Fe_2O_3	4.39	3.41	2.63
FeO	1.71	1.37	1.10
MnO	0.41	0.38	0.28
CaO	3.43	2.90	3.16
MgO	2.32	1.67	1.08
K_2O	2.51	2.25	1.83
Na_2O	4.98	4.14	4.04
	100.00	100.00	100.00

La cendre foncée No. 7a est probablement *le produit le plus basique*, la ponce No. 9a *le produit le plus acide*, que le Krakatau ait rejetés en 1883. Il a déjà été question, ci-dessus, des causes qui expliquent la faible proportion de silice dans la première de ces deux roches. Quant à la ponce No. 9a, elle contient très peu de cristaux; or, de

ce que par exemple la cendre N°. 8ª contient moins d'acide silicique que la ponce, nous pouvons déjà conclure que le verre est l'élément le plus acide de la cendre et que les cristaux doivent être notablement plus basiques. Les gros fragments de ponce paraissent être provenus, comme matières les plus légères, de la partie supérieure du cratère; la cendre, des parties plus profondes, où le magma fondu était chargé de nombreux cristaux, d'une densité supérieure.

Pour avoir une idée exacte de la composition de la cendre, il était nécessaire d'en analyser séparément les différentes parties constituantes.

Ainsi qu'on l'a vu, p. 214, la cendre de Buitenzorg contient:

91% de particules de verre (dont seulement $2\frac{1}{3}$% d'une densité supérieure à 2.61, tout le reste plus léger),
6 de feldspath,
1.36 d'hypersthène,
0.64 d'augite,
1 de magnétite.
100.—%

De chacune de ces 5 parties constituantes on recueillit une certaine quantité, débarrassée autant que possible de toute matière étrangère. Pour le verre, cela ne présentait aucune difficulté, car on peut l'obtenir en abondance en traitant la cendre par une liqueur de Thoulet de la densité 2.61. Presque tout le verre surnage alors au liquide; la fraction plus lourde ne s'élève qu'à 2% et n'a qu'une très faible influence sur la composition moyenne du verre. Pour l'analyse on n'a employé, en conséquence, que le verre d'une densité inférieure à 2.61.

Des cristaux, par contre, on ne put se procurer, à l'état pur, que des quantités beaucoup moindres, du feldspath quelques grammes, des pyroxènes des fractions de gramme seulement. Quant à la magnétite, le barreau aimanté permit d'en obtenir plusieurs grammes, qu'il fallut dissoudre dans l'acide chlorhydrique concentré, pour séparer le pyroxène qui s'y trouvait mêlé.

Voici les résultats des analyses que j'ai fait faire des cinq parties constituantes de la cendre; la composition des cristaux a déjà été mentionnée précédemment, à l'occasion de la description de la cendre;

		N°. 10.	N°. 11.	N°. 12.	N°. 13.	N°. 14 (258).
SiO_2		68.12	58.29	52.3	48.6	—
TiO_2		0.18	—	—	—	6.7
Al_2O_3		15.81	27.19	6.1	8.2	—
Fe_2O_3		5.01	—	—	—	56.0
FeO	dans le	Fe_2O_3	—	27.7 (MnO trace)	14.0	37.3
CaO		2.78	8.27	2.2	18.9	—
MgO		1.18	—	3.16	11.6	—
K_2O		1.06	1.22	—	—	—
Na_2O		5.09	5.82	—	—	—
		99.23	100.79	101.9	101.3	100.0

N°. 10 est le *verre,* plus léger que 2.61, de la cendre de Buitenzorg. Tout le fer a été déterminé comme Fe_2O_3; on n'a pas fait le dosage de FeO. La composition du N°. 10 se rapproche beaucoup de celle de la ponce N°. 9[a].

N°. 11 est le *feldspath* de la cendre. Les proportions de l'acide silicique et de l'alumine sont de $^1/_2$% trop fortes, celle de la soude de $^1/_5$% trop faible, pour du feldspath pur; la différence ne provient qu'en partie des erreurs de l'analyse, une autre partie est due à des pellicules de verre adhérentes.

N°. 12 est l'*hypersthène* de la cendre; la matière, réduite en poudre fine, avait été débarrassée avec soin, à l'aide du barreau aimanté, de la magnétite incluse. Il ne resta, pour l'analyse, que 0.1155 gramme.

N°. 13 est l'*augite* de la cendre; également débarrassée, au préalable, de la magnétite incluse. Pour l'analyse, on ne disposait que de 0.0477 gramme.

N°. 14 est la *magnétite* de la cendre. On s'est borné au dosage de l'acide titanique, la quantité correspondante de Fe_2TiO_4 en fut calculée, le reste a été porté en compte comme Fe_3O_4 pur.

Connaissant la composition des parties constituantes de la cendre et la proportion pour laquelle chacune d'elles y entre, nous pouvons maintenant calculer la composition de cette cendre. Nous pouvons chercher quelle part des divers éléments revient à chacun des minéraux, et comparer en outre la composition calculée totale avec l'analyse de M. Winkler, telle qu'elle a été donnée sous le N°. 8[a].

Nous obtenons ainsi les résultats suivants:

Rangés d'après les minéraux:

SiO_2	68.12	$\times$ 0.91	=	61.99		90.29% verre (91%)
TiO_2	0.18	$\times$ 0.91	=	0.16		
Al_2O_3	15.81	$\times$ 0.91	=	14.39		
Fe_2O_3	5.01	$\times$ 0.91	=	4.56	ou: 2.96 Fe_2O_3	
FeO		————	=	dans le Fe_2O_3	1.44 FeO (¹)	
CaO	2.78	$\times$ 0.91	=	2.53		
MgO	1.18	$\times$ 0.91	=	1.07		
K_2O	1.06	$\times$ 0.91	=	0.96		
Na_2O	5.09	$\times$ 0.91	=	4.63		
SiO_2	58.29	$\times$ 0.06	=	3.50		6.05% feldspath (6%)
Al_2O_3	27.19	$\times$ 0.06	=	1.63		
CaO	8.27	$\times$ 0.06	=	0.50		
K_2O	1.22	$\times$ 0.06	=	0.07		
Na_2O	5.82	$\times$ 0.06	=	0.35		
SiO_2	52.3	$\times$ 0.0136	=	0.71		1.38% hypersthène (1.36%)
Al_2O_3	6.1	$\times$ 0.0136	=	0.08		
FeO	27.7	$\times$ 0.0136	=	0.38		
CaO	2.2	$\times$ 0.0136	=	0.03		
MgO	13.6	$\times$ 0.0136	=	0.18		
SiO_2	48.6	$\times$ 0.0064	=	0.31		0.64% augite (0.64%)
Al_2O_3	8.2	$\times$ 0.0064	=	0.05		
FeO	14.0	$\times$ 0.0064	=	0.09		
CaO	18.9	$\times$ 0.0064	=	0.12		
MgO	11.6	$\times$ 0.0064	=	0.07		
Fe_2O_3	56.0	$\times$ 0.01	=	0.56		1.00% magnétite (1.00%)
FeO	37.3	$\times$ 0.01	=	0.37		
TiO_2	6.7	$\times$ 0.01	=	0.07		
		Total....		99.36		99.20

(¹) Le FeO n'ayant pas été dosé, on a admis, pour permettre la comparaison avec l'analyse No. 8ᵃ, que les ²/₃ environ du peroxyde de fer trouvé existent ici comme Fe_2O_3, les 1.60 Fe_2O_3 restants comme 1.44 FeO.

Rangés d'après les éléments:

Calcul de l'analyse N°. 8[b].

SiO_2 du verre	61.99	
id. du feldspath	3.50	
id. de l'hypersthène	0.71	
id. de l'augite	0.31	
	——	66.51 SiO_2
TiO_2 du verre	0.16	
id. de la magnétite	0.07	
	——	0.23 TiO_2
Al_2O_3 du verre	14.39	
id. du feldspath	1.63	
id. de l'hypersthène	0.08	
id. de l'augite	0.05	
	——	16.15 Al_2O_3
Fe_2O_3 du verre	2.96 (?)	
id. de la magnétite	0.56	
	——	3.52 Fe_2O_3
FeO du verre	1.44 (?)	
id. de l'hypersthène	0.38	
id. de l'augite	0.09	
id. de la magnétite	0.37	
	——	2.28 FeO
CaO du verre	2.53	
id. du feldspath	0.50	
id. de l'hypersthéne	0.03	
id. de l'augite	0.12	
	——	3.18 CaO
MgO du verre	1.07	
id. de l'hypersthène	0.18	
id. de l'augite	0.07	
	——	1.32 MgO
K_2O du verre	0.96	
id. du feldspath	0.07	
	——	1.03 K_2O
Na_2O du verre	4.63	
id. du feldspath	0.35	
	——	4.98 Na_2O
	Total....	99.20

Le second des deux tableaux montre pour quelle part chacun des 5 minéraux contribue à la proportion totale de chaque élément.

On voit que l'acide titanique ne se trouve pas seulement dans la magnétite, mais aussi, comme titanate, dans le verre. Le fer du verre doit être attribué principalement à des inclusions de magnétite et à des grains bruns (oxyde de fer, etc.). Le verre formant 91% de la cendre, la composition de cette dernière se rapproche naturellement de celle du verre; la cendre est seulement un peu plus basique, à cause des minéraux surajoutés.

Mettons finalement en regard l'analyse N°. 8ª de M. WINKLER et notre analyse calculée N°. 8ᵇ.

	N°. 8ª.	N°. 8ᵇ.
SiO_2	66.77	66.51
TiO_2	0.67	0.23
Al_2O_3	16.44	16.15
Fe_2O_3	3.41	3.52
FeO	1.37	2.28
MnO	0.38	—
CaO	2.90	3.18
MgO	1.67	1.32
K_2O	2.25	1.03
Na_2O	4.14	4.98
	100.—	99.20

Pour les éléments principaux, acide silicique et alumine, la concordance est presque parfaite, pour CaO, MgO et Na_2O elle est très satisfaisante. L'analyse calculée indique un peu plus de fer, indépendamment de la circonstance que le rapport entre Fe_2O_3 et FeO peut différer légèrement de celui que nous avons admis; il y a, enfin, moins d'acide titanique et de potasse.

Dans l'accord de ces chiffres nous avons une garantie, non-seulement de l'exactitude des différentes analyses chimiques, mais aussi de l'exactitude de la séparation, d'après la densité, des diverses parties constituantes de la cendre.

L'analyse de quelques autres produits de 1883, faite à Batavia, a donné les résultats suivants:

N°. 15. SiO_2 = 68.27 .... (259).

Le N°. 15 est un fragment d'obsidienne de Krakatau, à éclat vitreux et à croûte ponceuse. On n'a dosé l'acide silicique que dans le verre compacte; le chiffre trouvé se rapproche beaucoup de la proportion SiO_2 de la ponce (N°. 9^a et N°. 10), ce qui est tout naturel, car les deux roches passent l'une à l'autre. La proportion d'eau, dans cette obsidienne, était très faible (moins de $^1/_2$%).

Au bas des ravins profonds que les pluies avaient creusés dans le sable ponceux de Krakatau, on voyait en différents points, au mois d'Octobre 1883, des fentes par lesquelles sortaient de l'eau bouillante et de la vapeur, ainsi que de l'acide sulfureux et un peu d'hydrogène sulfuré, les deux derniers reconnaissables à l'odeur. A ce moment, les matières rejetées par le volcan, et imprégnées d'eau de mer, étaient déjà refroidies à la surface, mais encore très chaudes dans les couches inférieures; l'eau de mer et surtout l'eau de pluie ordinaire suintaient à travers le sable poreux, amenaient au bas, à l'état de dissolution, les sels de l'eau de mer, et les déposaient là où l'eau chaude pouvait s'échapper; il se formait ainsi une croûte saline blanche ou grise, qui parfois était revêtue de soufre en très beaux petits octaèdres orthorhombiques jaunes, de $^1/_2$ à 1 millimètre, provenant de la décomposition des gaz ci-dessus nommés.

La composition du sel était:

N°. 16 (260).

	Cl	=	49.20
	SO_3	=	6.62
	CaO	=	1.32
	MgO	=	1.55
	Na_2O	=	47.09
(non dissous par l'eau)	CaSO	=	2.42
Matière organique et perte		=	2.93
			111.13
Equivalent en oxygène du chlore		=	11.13 à déduire
			100,—

Calculé:

NaCl	=	76.66		NaCl	=	81.19
Na_2SO_4	=	8.40		Na_2SO_4	=	2.89
$CaSO_4$	=	5.63	ou:	$CaSO_4$	=	5.63 (3.21 + 2.42)
$MgCl_2$	=	3.68		$MgSO_4$	=	4.65
Perte, etc.	=	2.93		Perte, etc.	=	2.93
Reste Na_2O	=	2.71		Reste Na_2O	=	2.71
		100.01				100.00

L'analyse n'est pas très exacte; qu'on porte la magnésie en compte comme chlorure ou comme sulfate, il reste toujours 2.71% Na_2O. La soude a donc été dosée à un chiffre trop fort, ou bien le dosage du chlore et de l'acide sulfurique a fourni des chiffres trop faibles. L'analyse indique clairement, toutefois, que le sel dérive de l'eau de mer. La recherche du brome a donné, ici encore, un résultat négatif.

L'une des boules, épaisses de 2 centimètres, qui furent rejetées lors de l'éruption du mois d'Août, et que nous avons appris à connaître comme des concrétions marneuses riches en chaux, formées aux dépens du tuf volcanique (voir p. 184 et 299), était composée de:

N°. 17 (**261**).

Soluble dans HCl....	H_2O à 130° C........	=	1.44
	H_2O à la chaleur rouge	=	3.62
	$CaCO_3$................	=	54.76
	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$.......	=	2.17
Non soluble dans HCl	SiO_2.................	=	25.83
	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$.......	=	11.02
	CaO.................	=	1.35
			100.19

Les boules consistent donc pour plus de la moitié en carbonate de chaux, et pour le reste en argile ferrugineuse.

Comme termes de comparaison avec nos analyses, je mentionnerai encore les recherches chimiques suivantes, qui, à l'exception du N°. 18, ont déjà été publiées ailleurs.

	N°. 18.	N°. 19.	
SiO_2	67.40	64.05	(*) Dans ces 5.20%
TiO_2	—	—	furent trouvées:
Al_2O_3	17.70	13.08	Al_2O_3 = 1.26
Fe_2O_3	1.20	6.54	Fe_2O_3 = 2.18
FeO	dans le Fe_2O_3	dans le Fe_2O_3	MgO = 0.70
MnO	—	—	Na_2O = 0.83
CaO }	2.50	1.80	H_2SO_4 = traces
MgO }		8.03	4.97%.
K_2O }	7.12	et	En outre, un extrait
Na_2O }		perte	aqueux contenait
Soluble dans l'acide chlorhydrique	5.20 (*)	5.70	0.40% de chlo-
Souble dans l'eau	—	0.80	rure de sodium.
	101.12	100.—	

N°. 18 est de la cendre de Buitenzorg, analysée par M. A. P. VAN DER KOLF, élève de l'Ecole polytechnique de Delft (**262**). La teneur en silice et en alumine est un peu plus élevée que dans notre analyse N°. 8[a]; les autres éléments ne peuvent être comparés, parce que la cendre a d'abord été épuisée par l'acide chlorhydrique, et que le dosage de quelques éléments dans cette solution ne peut pas être exacte. Par exemple les quantités de la silice et de la chaux ne sont pas mentionnées.

N°. 19 est encore de la cendre de Buitenzorg, analysée par M. D. DE LOOS, à Leyde (**263**). Cette cendre ayant également été traitée par l'acide chlorhydrique, les chiffres ne sont pas comparables aux nôtres. Les 8.03% de perte furent d'abord attribués uniquement aux alcalis; plus tard (**264**) il a été dit qu'il s'y trouvait aussi de la magnésie, du chlore (!) et de l'acide sulfurique. Les analyses des N[os]. 18 et 19, lesquels ont cédé à peu près la même proportion de matière à l'acide chlorhydrique, diffèrent beaucoup plus fortement l'une de l'autre qu'on ne devrait l'attendre de deux échantillons de cendre tombée à Buitenzorg.

De la cendre tombée à *Batavia* trois analyses ont été publiées.

Le N°. 20 a été examiné par M. le D[r]. VAN DER BURG, à Leyde.

N°. 20 (**265**).

SiO_2	68.614	
Al_2O_3	14.032	
Fe_2O_3	11.716	(magnésifère)
CaO	2.325	
MgO	0.772	
K_2O	0.155	
Na_2O	0.208	
Cl	0.586	
SO_3	0.489	
P_2O_5	0.150	
H_2O	0.930	
Perte	0.023	
	100.—	

Densité = 2.356 à 14° C.

L'eau dissout 2% de la cendre, et dans cette solution se trouve tout le chlore (0.586%), mais seulement une partie de l'acide sulfurique et de la chaux (à cause de la présence de l'anhydrite, VERB.).

Dans l'acide chlorhydrique il se dissout 8.42% (y compris les 2% de matières solubles dans l'eau).

Ces 8.42% sont formés de:

Fe_2O_3	= 3.456	(magnésifère)
Al_2O_3	= 1.832	
CaO	= 0.821	
MgO	= 0.289	
K_2O	= 0.155	
Na_2O	= 0.208	
SO_3	= 0.489	
SiO_2	= 0.434	
P_2O_5	= 0.150	
Cl	= 0.586	
Total....	8.420%	solubles dans HCl.

Les 90.627%, qui ne sont pas solubles dans l'acide chlorhydrique, contiennent:

SiO_2	=	68.180
Al_2O_3	=	12.200
Fe_2O_3	=	8.260
CaO	=	1.504
MgO	=	0.483
		90.627% non solubles dans HCl.
		8.420% solubles dans HCl.
		0.930% H_2O.
		0.023% perte.
Total....		100.—%.

La partie soluble dans l'acide chlorhydrique contiendrait donc *toute* la potasse et la soude. Cela est complètement inconcevable, car ni le verre acide, ni la portion acide des feldspaths ne sont décomposés par l'acide chlorhydrique, qui les attaque à peine; la proportion de K_2O et de Na_2O, dans cette analyse, est d'ailleurs si faible qu'il doit évidemment y avoir eu quelque méprise. La plupart des autres chiffres diffèrent aussi beaucoup trop de ceux des analyses de la cendre de Batavia qui seront communiquées ci-dessous, et de ceux des analyses de la cendre de Buitenzorg, pour qu'on puisse les regarder comme l'expression exacte de la composition. Il est vrai que toutes les cendres du Krakatau sont des mélanges, mais leur composition ne peut varier *qu'entre des limites étroites*; la cendre la plus acide ne saurait, par exemple, être plus acide que la ponce anhydre du Krakatau, à 69% SiO_2, tandis que la cendre du N°. 20, qui pourtant renferme encore beaucoup de cristaux, devient déjà, calculée sans eau, d'une acidité supérieure à 69%.

L'épuisement par l'*acide chlorhydrique*, après que la cendre a été traitée par l'eau, est une manipulation qui ne sert à rien, si ce n'est à compliquer inutilement le travail. Elle avait probablement pour but, dans la dernière analyse et dans une couple des précédentes, la séparation de la magnétite; mais l'acide chlorhydrique concentré décompose aussi complètement une partie des feldspaths, et en attaque une autre partie à un degré variable. On n'est jamais parfaitement sûr non plus, que le verre (du moins le verre en grains foncés) n'a pas été plus ou moins dissous. Aussi trouve-t-on toujours, dans la liqueur chlorhydrique, outre les deux oxydes de fer, de l'acide silicique, de l'alumine, de la magnésie, de la chaux et des alcalis, qui doivent donc être dosés tant dans cette liqueur que dans la partie non attaquée par HCl. Si l'on veut déterminer à part le contenu en magnétite, on fait mieux d'extraire celle-ci au moyen du barreau aimanté de la cendre réduite en poudre fine, et de la dissoudre dans l'acide chlorhydrique; dans la dissolution on peut alors doser Fe_2O_3 et en déduire par le calcul la quantité de Fe_3O_4.

N°. 21 (266).		anhydre.
SiO_2	65.04 (*)	67.26
Al_2O_3	14.63	15.13
Fe_2O_3	4.47	4.63
FeO	2.82	2.92
MnO	trace	trace
CaO	3.34	3.45
MgO	1.20	1.24
K_2O	0.97	1.00
Na_2O	4.23	4.37
Perte par calcination (H_2O)	2.74	—
	99.44	100.—

(*) Postérieurement on a encore trouvé 0.62% TiO_2, qui toutefois ne doivent pas être ajoutés au chiffre final, vu qu'ils sont déjà compris dans le chiffre de l'acide silicique (et de l'alumine).

Le N°. 21 est de la cendre de Batavia, recueillie par M. H. J. I. Wolf, pharmacien à Batavia, et analysée par M. A. Renard, à Uccle, près de Bruxelles.

Cette analyse (calculée pour l'état anhydre, et en centièmes) exprime indubitablement la vraie composition de la cendre de Batavia, et montre immédiatement, par comparaison aves les analyses N°s. 8^a et 8^b, que cette cendre est *tout à fait la même* que celle tombée à Buitenzorg. L'acide silicique seulement est en proportion un peu plus élevée, mais pour lui aussi l'accord se manifeste, si on en retranche les 0.62% TiO_2 trouvés postérieurement.

L'égalité de composition des cendres tombées à Buitenzorg et à Batavia, était à présumer, par la raison que ces deux localités sont situées, relativement au volcan, à la même distance et presque dans la même direction.

	N°. 22.	anhydre.	N°. 23 (1).	anhydre.	N°. 24 (2).
SiO_2..........	63.30	65.14	66.73	68.18	51.03 (dosé par perte?)
TiO_2..........	1.08	1.11	0.50	0.51	—
Al_2O_3..........	14.52	14.94	16.59	16.96	28.37
Fe_2O_3 / FeO	5.82	5.99	4.08	4.17	trace
MnO	0.23	0.24	trace	trace	—
CaO..........	4.00	4.11	3.82	3.90	10.74
MgO..........	1.66	1.71	1.50	1.53	—
K_2O..........	1.43	1.47	4.65 (dosé par perte)	4.75	1.11
Na_2O..........	5.14	5.29			8.74
H_2O etc.......	2.17	100.—	2.13	100.—	—
Soluble dans l'eau	0.82		—		—
	100.17		100.—		99.99

(1) Exécutée sur 0.3838 gramme.

(2) Exécutée sur 0.135 gramme.

Les N°s. 22, 23 et 24 sont des analyses faites par M. le D^r^. SAUER (267) et se rapportant: N°. 22 à une cendre de Batavia, N°. 23 au verre (ponce) et N°. 24 au feldspath de cette cendre.

La cendre N°. 22 (anhydre et calculée en centièmes) est beaucoup plus basique ($1\frac{1}{2}\%$ SiO_2 de moins) que la cendre analysée par M. RENARD et que la cendre de Buitenzorg. Une cendre qui contiendrait 86% de verre, 10% de feldspath, 2% d'hypersthène, 1% d'augite et 1% de magnétite, de la même composition que les éléments de la cendre de Buitenzorg, et qui serait donc extrêmement riche en cristaux (14%), n'en devrait pas moins contenir encore 65.94% SiO_2. Mais, une pareille cendre basique exigerait une proportion d'alumine beaucoup plus *élevée*; la proportion trouvée est si basse, qu'elle ne saurait se concilier ni avec une forte teneur en cristaux, ni avec une forte teneur en verre basique (grains vitreux foncés à dévitrification microlithique, qui, d'après la description de M. SAUER, sont très subordonnés par rapport à la ponce). Je crois donc pouvoir admettre que le dosage de l'acide silicique et aussi celui de l'alumine ont donné des résultats un peu trop faibles.

La composition du verre N°. 23 s'accorde très bien avec les analyses N°. 9^a^ et N°. 10, les différences tiennent probablement à ce que le verre n'a pu être débarrassé complètement des cristaux inclus.

La différence principale entre les résultats de M. SAUER et les nôtres se trouve toutefois dans la composition du feldspath, qui d'après l'analyse N°. 24 appartiendrait à un labrador à 51% SiO_2, tandis que d'après l'étude chimique mentionnée plus haut, et dont les résultats sont entièrement confirmés par la séparation suivant les densités, ce feldspath possède en moyenne la composition d'une andésine acide, avec au moins 58% SiO_2.

L'analyse a été effectuée sur 0.135 gramme seulement, et l'acide silicique a été trouvé par la perte. (Cela n'est pas dit expressément dans le Mémorie de M. SAUER, publié dans le *Chemische Centralblatt*, mais bien dans le résumé qu'en donne M. ROSENBUSCH, *Neues Jahrb. für Min.*, 1884, II, p. 54 des »*Referate*"; il n'est pas probable, d'ailleurs, que la quantité déjà si faible de $\frac{1}{8}$ gramme, aurait été

partagée en deux, afin de pouvoir doser aussi bien l'acide silicique que les alcalis).

Or, l'analyse même permet de calculer que la chaux et les alcalis doivent avoir donné des chiffres trop forts, et par conséquent l'acide silicique (déduit de la perte) un chiffre trop faible.

La composition N°. 24, en effet, ne représente *pas un mélange feldspathique possible*. En supposant pour un instant que les quantités trouvées de CaO, K_2O et Na_2O soient exactes, nous pouvons calculer combien d'anorthite correspond à la chaux, combien de microcline à la potasse et combien d'albite à la soude, et par conséquent calculer aussi les quantités d'acide silicique et d'alumine qui correspondent à chacune de ces trois matières.

On trouve ainsi pour:

$$10.74\,CaO,\quad 10.74 \times \frac{43.01}{20.07} = 23.02\,SiO_2 \text{ et } 10.74 \times \frac{36.92}{20.07} = 19.76\,Al_2O_3;$$

$$1.11\,K_2O,\quad 1.11 \times \frac{64.68}{16.89} = 4.25\,SiO_2 \text{ et } 1.11 \times \frac{18.43}{16.89} = 1.21\,Al_2O_3;$$

$$8.74\,Na_2O,\quad 8.74 \times \frac{68.57}{11.81} = 50.74\,SiO_2 \text{ et } 8.74 \times \frac{19.62}{11.81} = 14.52\,Al_2O_3;$$

$$\text{Total } 78.01\,SiO_2 \qquad 35.49\,Al_2O_3.$$

La composition serait alors:

SiO_2 = 78.01
Al_2O_3 = 35.49
CaO = 10.74
K_2O = 1.11
Na_2O = 8.74

Total 134.09; de sorte que l'analyse aboutirait, non pas à 100, mais à 134%. Il faut donc nécessairement que la chaux et les alcalis aient été dosés beaucoup trop haut, et en pareil cas l'acide silicique ne peut pas être déduit de la perte. La comparaison de l'analyse N°. 24 avec notre composition N°. 11 du feldspath montre, en effet, que les chiffres de la chaux et de la soude sont trop élevés d'environ $2^1/_2$%, celui de l'alumine d'environ 1.7%, erreurs qui doivent être attribuées en grande partie à ce

que la quantité de matière, disponible pour l'analyse, était trop faible.

N°. 25.	a.	a. anhydre.	b.	c.
SiO_2	68.06	69.03	50.45	69.25
TiO_2	0.38	0.39	trace	0.41
Al_2O_3	15.03	15.25	14.05	15.10
Fe_2O_3	0.28	0.28	17.10 (Fe_2O_3 + FeO)	3.03 (Fe_2O_3 + FeO)
FeO	3.66	3.71		
MnO	trace	trace	—	trace
CaO	2.71	2.75	5.65	2.50
MgO	0.81	0.82	3.80	0.59
K_2O	3.41	3.46	1.95	3.51
Na_2O	4.25	4.31	2.65	4.36
H_2O	2.12	—	5.10	1.89
	100.71	100.—	100.75	100.64

En matières solubles dans l'eau, la cendre contenait:

CaO....................	= 0.20	ou: NaCl	= 1.25
MgO....................	= 0.11	$NaSO_4$	= 0.29
Na_2O....................	= 0.79	$CaSO_4$	= 0.48
Cl....................	= 0.76	$MgSO_4$	= 0.33
SO_3....................	= 0.69		2.35; en outre
K_2O....................	= trace		matière organique et eau.
	2.55		
Equivalent en oxygène du chlore	0.17 à déduire.		
	2.38		

N°. 25ª, enfin, est l'analyse, faite par M. A. SCHWAGER (268), de la cendre qui tomba, le 28 Août au matin, sur le pont du *Barbarossa*, par 1° 41′ Lat. S. et 93° 15′ Long. E. de Gr. (voir p. 143), donc à 777 milles marins, ou 1441 kilomètres, du volcan.

D'après la description de M. OEBBEKE, la cendre, très fine et de couleur gris clair, ne contenait que très peu de particules cristallines, et consistait presque uniquement en verre poreux. La densité était de 2.38, par conséquent égale à la densité que nous avons

trouvée pour le verre pur. Cette cendre doit donc avoir environ la la composition de la ponce N°. 9[a], ce que l'analyse N°. 25[a] confirme entièrement; la fine cendre du *Barbarossa* est exactement aussi acide que notre ponce, et ne contient donc pas plus de cristaux que celle-ci. La proportion très faible de Fe_2O_3 indique clairement que la magnétite était en quantité très réduite dans cette cendre transportée au loin. Il n'y a lieu de s'étonner un peu que de la forte teneur en K_2O.

La composition des sels solubles dans l'eau a été donnée ci-dessus.

M. Schwager a aussi fait l'analyse de la partie *b* (7%) soluble dans l'acide chlorhydrique, et de la partie *c* (93%) insoluble dans cet acide, analyses qui peuvent servir à contrôler les chiffres de l'analyse *a*.

Pour terminer, nous résumerons en quelques points principaux les *résultats* de l'étude chimique des roches du Krakatau.

1. Les andésites à hypersthène anciennes du Krakatau et les produits de 1883 se ressemblent beaucoup sous le rapport de la composition; la proportion d'acide silicique est de $68^3/_4$ à $70^1/_2$ dans les premières, de $66^1/_2$ à 69% dans les roches nouvelles. Une seule espèce de cendre — qui ne contient pas de verre poreux, mais seulement du verre dévitrifié, chargé de microlithes et de couleur foncée, probablement par suite de la refonte de roches basiques, telles que le basalte — n'a fourni que 61% SiO_2. Dans toutes les roches nouvelles, l'eau ne se trouve qu'en quantité extrêmement petite, ou bien elle fait entièrement défaut.
2. Les basaltes du Krakatau sont beaucoup plus basiques que les andésites à hypersthène, et contiennent en moyenne 49% SiO_2.
3. La cendre du 27 Août contient *tous* les feldspaths, depuis les plus basiques jusqu'aux plus acides. La composition *moyenne* du feldspath est celle d'une andésine acide, à 57.76% SiO_2, formée, en poids, de 51.571% d'albite, 41.206% d'anorthite et 7.223% de microline.
4. Le verre ponceux pur contient 69% d'acide silicique; plus la cendre est tombée loin du Krakatau, plus elle s'est appauvrie en

cristaux et plus sa composition se rapproche de celle de la ponce pure, à 69% SiO_2.

5. Les sels solubles dans l'eau, contenus dans la cendre, proviennent de l'eau de mer, sauf une partie du gypse, empruntée aux roches anciennes du Krakatau.

C. PHÉNOMÈNES MAGNÉTIQUES ET METÉOROLOGIQUES.

L'obligeance de M. le Dr. J. P. VAN DER STOK, directeur de l'Observatoire magnétique et météorologique de Batavia, me met en état de communiquer le tableau des observations sur la pression atmosphérique, la température, l'humidité et les perturbations magnétiques, faites à Batavia, le jour de l'éruption.

Les observations relatives aux trois premiers éléments sont simplement horaires; on trouvera réunies sur la feuille fig. 7 les représentations graphiques des indications des 26, 27 et 28 Août. Les perturbations qui se produisent dans les indications des aiguilles aimantées sont, au contraire, inscrites d'une manière continue; le tracé des perturbations du 27 Août est reproduit sur la feuille fig. 8.

On se rappellera que l'éruption était déjà très violente dans la nuit du 26 au 27 Août, mais aucune perturbation magnétique ne se fait remarquer avant 6 heures du matin, ni après 5 heures du soir, le 27. Comme c'est précisément dans cet intervalle qu'eut lieu la pluie de cendre, qui tomba avec le plus d'abondance entre 11 heures du matin et midi, heure où les oscillations furent aussi les plus fortes, il est évident que la perturbation fut occasionnée par la magnétite de la cendre. *Par elle-même, l'éruption n'a pas exercé d'influence sur la position des aiguilles aimantées.*

En me communiquant les états qu'on trouvera ci-dessous, M. VAN DER STOK a eu la bonté d'y joindre quelques remarques, que je reproduis textuellement.

1. *Etat des observations météorologiques.*

a. »Hauteur barométrique maximum = 764.mm05. C'est la plus »grande hauteur qui ait été observée depuis 1866;

b. »le thermomètre monte, le 27, jusqu'à 10 heures du matin, puis »baisse, au lieu de continuer à s'élever; il va sans dire que »cette baisse ne peut *pas* être attribuée au rayonnement, l'inter- »ceptation des rayons solaires, à elle seule, pourrait tout au plus »produire un arrêt; l'évaporation n'en est pas non plus la cause, »comme le montre la colonne 4 »humidité relative". Celle-ci, en »effet, n'augmente pas après 10 heures du matin, mais reste à »peu près constante; depuis 8 heures du matin, toutefois, l'air »est plutôt devenu plus sec que plus humide, tandis que la »pression de la vapeur d'eau s'est notablement abaissée avec la »température; à la suite de cet abaissement de température, de »l'humidité atmosphérique a donc du se condenser, bien loin que, »inversement, l'atmosphère ait absorbé l'humidité de la cendre et »par là se soit refroidie."

2. *Etat des perturbations magnétiques.*

»Le moment précis de la plus grande déclinaison ne peut être »indiqué, parce que la photographie est incomplète. La plus grande »déviation constatée par lecture correspond à 11h 25m et atteint »2° 20'.8 à l'est. Même en cas de très graves perturbations (du »magnétisme terrestre), l'aiguille de déclinaison n'est jamais déviée »aussi fortement."

»Des nombres doubles sont inscrits là où deux lectures étaient »possibles".

»Lorsqu'il se produit d'importantes perturbations du magnétisme »terrestre, les intensités horizontale et verticale s'écartent, au con- »traire, beaucoup plus fortement de leurs valeurs ordinaires. On »n'observe alors pas des oscillations dans les deux sens, mais un »accroissement ou décroissement anormal de longue durée".

»Dans le cas actuel, l'intensité horizontale reste en moyenne assez »normale, la force verticale, au contraire, devient plus petite".

»L'intensité totale et l'inclinaison n'ont été calculées que pour les »instants suivants: 6 heures du soir, comme valeur normale; midi »(minimum de l'Intensité horiz.) et $12^h\ 35^m$ du soir (maximum de »l'Intensité hor.); $11^h\ 10^m$ du matin (minimum de l'Intensité vert.); »comme, pour ce dernier instant, l'Intensité horiz. correspondante »manque, on a pris la moyenne des quatre valeurs de l'Intensité »horiz. observées à $11^h\ 5^m$ et $11^h\ 15^m$ du matin".

Heure.	Intensité horizontale.	Intensité verticale.	Intensité totale calculée.	Inclinaison.
6^h matin......	3.6922	1.9121	4.158	27° 23′
midi.......	3.6853	1.8957	4.144	27° 13′
	3.7016		4.159	27° 7′
$12^h\ 35^m$.......	3.6895	1.8951	4.148	27° 11′
	3.7055		4.162	27° 5′
$11^h\ 10^m$.......	3.6951	1.8868	4.149	27° 3′
		1.8989	4.154	27° 12′

»La valeur normale de l'inclinaison, 27° 23′, me paraît trop petite. »La cause en peut être que la valeur admise pour le zéro de »l'échelle de l'intensité verticale était trop faible, ou bien (et cela »est plus probable) que la perturbation a déterminé un changement »dans la position du magnétomètre-balance, ce qui ne pourra être »constaté que plus tard, après comparaison de la série entière des »observations absolues. Lorsque l'aiguille revient d'elle-même, une »pareille erreur instrumentale ne peut être reconnue; c'est là un »défaut inhérent à l'appareil. Du reste, il est possible aussi que »l'inclinaison fût petite à ce moment".

Heure.	Baromètre 0° C: 750 mm +			Thermomètre Celsius.		
	26 Août.	27 Août.	28 Août.	26 Août.	27 Août.	28 Août
h.	mm.	mm.	mm.			
1 mat.	9.33	9.45	10.06	23°.8	23°.8	20°.3
2	8.92	8.49	9.72	23.5	23.7	20.1
3	8.84	9.83	9.23	23.2	23.5	20.0
4	8.80	9.85	9.43	22.9	23.0	19.8
5	8.88	10.53	9.74	22.8	22.9	19.8
6	9.16	9.70	10.32	22.4	22.6	19.5
7	9.75	10.90	10.85	22.8	22.6	19.7
8	10.08	12.70	11.43	24.8	22.9	21.4
9	10.58	11.94	11.77	26.9	24.0	24.2
10	10.25	10.53	11.77	28.8	**25.2**	26.2
11	9.59	**14.05**	11.00	29.4	24.7	28.1
12	8.94	10.96	10.33	**30.6**	23.8	29.6
1 soir.	8.06	11.10	9.56	**30.6**	23.2	**30.4**
2	7.36	9.55	8.98	30.1	23.0	29.0
3	6.99	8.75	8.50	29.7	22.6	28.1
4	6.87	9.01	8.32	29.2	22.0	28.1
5	7.77	8.97	8.58	28.3	21.4	27.4
6	8.81	8.98	9.29	27.4	21.1	26.9
7	8.75	9.17	9.68	25.6	21.1	26.4
8	9.62	10.20	10.33	25.0	21.2	25.8
9	9.67	10.45	9.88	24.7	20.9	25.5
10	10.43	10.90	11.40	24.5	20.7	25.3
11	10.19	10.40	11.29	24.2	20.6	25.0
12	10.22	10.20	10.35	23.9	20.5	24.6
Moyenne	9.08	10.27	10.08	26.05	22.54	24.22

26, 27 *et* 28 *Août* 1883, *à Batavia.*

Tension de la vapeur d'eau.			Humidité relative.		
26 Août.	27 Août.	28 Août.	26 Août.	27 Août.	28 Août.
mm.	mm.	mm.	Pour cent.	Pour cent.	Pour cent.
18.92	20.39	16.54	86.3	93.0	93.3
18.74	20.09	16.34	87.0	92.2	93.3
18.74	19.66	16.07	88.7	91.3	92.3
18.75	19.23	16.19	90.3	92.0	94.2
18.81	19.11	16.02	91.1	92.0	93.3
18.53	18.76	15.72	91.9	91.9	93.0
18.81	18.76	15.76	91.1	91.9	92.0
19.60	19.11	16.70	84.2	92.0	88.0
19.82	19.53	17.60	75.2	88.0	78.3
19.42	19.91	16.19	66.0	83.5	64.0
19.44	20.03	16.08	63.7	86.5	56.9
19.69	18.20	15.34	60.2	83.0	49.7
20.08	17.85	17.85	61.5	84.4	55.3
20.40	18.53	18.71	64.2	87.7	62.8
20.05	17.34	18.88	64.6	85.1	66.8
20.16	16.68	18.88	66.8	84.8	66.8
20.72	16.87	19.32	72.4	89.0	71.2
20.08	16.89	19.44	74.0	90.7	73.7
21.20	17.40	19.93	86.8	93.4	77.9
21.57	17.69	20.12	91.6	94.4	81.6
21.37	17.35	20.30	92.4	94.4	83.6
20.73	17.13	20.43	90.6	94.3	85.2
20.91	16.86	20.23	93.1	93.3	85.8
20.52	16.59	20.48	93.0	92.4	89.0
19.88	18.32	17.88	80.3	90.1	78.7

Valeurs de la déclinaison depuis minuit, le **26** *Ao*

La déclinaison est orientale et exprimée en minut

	′	h m	′	h m	′
minuit	56.6	2-40 mat.	56.8	5-20 mat.	57.3
12- 5 mat.	56.8	45	56.8	25	57.3
10	56.7	50	56.9	30	57.1
15	56.8	55	57.0	35	57.1
20	56.8	3- 0	57.0	40	57.1
25	56.8	5	57.0	45	57.1
30	56.8	10	57.0	50	57.0(57.9)
35	56.7	15	57.0	55	57.1(58.2)
40	56.9	20	57.0	6- 0	57.0(58.3)
45	56.9	25	57.2	5	57.9
50	56.9	30	57.2	10	57.4
55	56.9	35	57.0	15	58.0(59.1)
1- 0 mat.	56.8	40	57.0	20	57.9(59.3)
5	56.8	45	57.0	25	58.6
10	56.8	50	57.0	30	58.4
15	56.8	55	57.0	35	58.9(59.6)
20	56.8	4- 0	56.3	40	58.3
25	56.8	5	56.8	45	58.2(61.4)
30	56.8	10	56.9	50	58.8(61.7)
35	56.8	15	56.9	55	59.3(63.3)
40	56.9	20	56.9	7- 0	59.3(64.7)
45	56.9	25	56.9	5	60.4(63.1)
50	57.0	30	56.9	10	62.2
55	57.0	35	56.8	15	60.8
2- 0 mat.	57.0	40	56.9	20	61.4
5	57.0	45	56.9	25	60.5(66.2)
10	57.0	50	56.9	8-15	63.1
15	57.0	55	56.9	20	61.9
20	57.0	5- 0	57.0	25	62.8(63.5)
25	56.9	5	57.2	30	63.3
30	56.9	10	57.2	—	
35	56.8	15	57.3		

usqu'à 6 *heures du soir, le* 27 *Août* 1883, *à Batavia.*

ʼarc. 1 degré + les nombres du tableau.

h m	′	h m	′	h m	′
9- 0 mat.	64.2(66.4)	1- 0 soir	69.4	3-40 soir	59.8
5	64.1	5	63.1	45	59.8
10	63.7	10	66.4	50	59.6
15	63.2	15	62.1(68.5)	55	59.6
20	—	20	64.0	4- 0 soir	59.6
25	—	25	62.7(68.2)	5	59.8
		30	62.7(64.4)	10	59.2
10- 0 mat.	—	35	66.0	15	59.0
5	63.3	40	64.3	20	58.7
10	63.8	45	62.2	25	58.7
15	64.9	50	61.7(65.2)	30	58.7
20	64.5	55	61.7(65.5)	35	58.5
		2- 0 soir	63.4	40	58.1
11-25 mat.	**80.8**	5	63.8(65.6)	45	58.0
30	72.8(76.9)	10	62.6(65.6)	50	58.0
35	67.9(76.6)	15	63.3(66.2)	55	58.0
40	69.5	20	65.6	5- 0 soir	57.9
45	66.3(74.5)	25	65.5	5	57.8
50	72.1	30	64.2	10	57.6
55	67.8(72.6)	35	64.3	15	57.4
midi	69.0(71.1)	40	63.8(65.3)	20	57.0
5	68.6(75.6)	45	64.8	25	57.0
10	70.5	50	62.2(65.5)	30	56.7
15	68.0(72.7)	55	— (64.7)	35	56.7
20	70.7	3- 0 soir	61.8	40	56.7
25	74.6	5	61.4(62.9)	45	56.7
30	70.0	10	62.9	50	56.7
35	70.4	15	60.8	55	56.6
40	70.0	20	60.5	6- 0 soir	56.6
45	67.0	25	59.8		
50	70.5	30	59.3		
55	71.5	35	59.8		

Valeurs de l'Intensité Horizontale du magnétisme terrestre depuis mi

Unité = milligramme. millim

minuit	3.6909	2-35 mat.	3.6912	5-10 mat.	3.6917
12- 5 mat.	909	40	912	15	918
10	909	45	912	20	918
15	908	50	912	25	—
20	909	55	911	30	924
25	910	3- 0 mat.	911	35	919
30	910	5	911	40	919
35	910	10	911	45	919
40	910	15	911	50	919
45	910	20	911	55	919
50	909	25	911	6- 0 mat.	920
55	909	30	912	5	923
1- 0 mat.	909	35	912	10	919(26)
5	909	40	913	15	917(27)
10	909	45	913	20	917(29)
15	909	50	914	25	919(26)
20	909	55	915	30	—(24)
25	909	4- 0 mat.	915	35	920(34)
30	909	5	915	40	918(32)
35	909	10	917	45	920(36)
40	910	15	917	50	911(37)
45	910	20	917	55	—(36)
50	910	25	917	7- 0 mat.	917(64)
55	910	30	917	5	917 —
2- 0 mat.	910	35	916	10	923(37)
5	910	40	916	15	922(30)
10	910	45	917	20	913 —
15	910	50	917		
20	911	55	917		
25	911	5- 0 mat.	917		
30	912	5	916		

26 *Août, jusqu'à* 6 *heures du soir, le* 27 *Août* 1883, *à Batavia.*

onde (mesure de Gauss).

h m		h m		h m	
10-50 mat.	3.6944(96)	1-25 soir	3.6920(88)	4- 0 soir	3.6938
55	929(7006)	30	921(72)	5	937
11- 0 mat.	929(93)	35	909(68)	10	936
5	894(981)	40	923(59)	15	935
10	—	45	914(68)	20	933
15	926(7004)	50	935(59)	25	932
20	—(7021)	55	942(74)	30	931
25	890(7032)	2-0 soir	972 —	35	931
30	910(7023)	5	933(98)	40	930
35	924(7036)	10	937(75)	45	929
40	916(7005)	15	947(73)	50	928
45	950 —	20	943(80)	55	929
50	907(7026)	25	943(82)	5- 0 soir	928
55	917 —	30	955 —	5	928
midi	**853**(7016)	35	956(78)	10	927
12- 5	924 —	40	961(80)	15	927
10	859(7032)	45	980	20	926
15	869(7029)	50	955(79)	25	926
20	878(7045)	55	979	30	925
25	—(7032)	3-0 soir	950(76)	35	924
30	894(7039)	5	951(76)	40	923
35	895(**7055**)	10	955(70)	45	923
40	925(7012)	15	950(67)	50	923
45	923(7008)	20	946(60)	55	923
50	905(89)	25	948	6- 0 soir	922
55	936(7011)	30	944	5	922
1- 0 soir	936 —	35	940	10	922
5	907(7003)	40	942		
10	917(91)	45	942		
15	931(75)	50	940		
20	932(70)	55	940		

Valeurs de l'Intensité Verticale du Magnétisme terrestre depuis 8 *heures* (

Unité = milligramme, millimèt

h m		h m		h m	
8- 0 mat.	1.9087	10-45 mat.	1.9021	1.20 soir	1.9013
5	9103	50	9033	25	9047
10	9105	55	9000(16)	30	9027
15	9088	11- 0 mat.	9005	35	9034
20	9076(107)	5	8926	40	9008
25	9066(087)	10	8868(989)	45	9017
30	9051	15	8893	50	9010
35	9057(79)	20	8874(910)	55	9015
40	9073	25	8936	2- 0 soir	9017
45	9083	30	8928(48)	5	9002
50	9086	35	8944	10	9009
55	9081	40	8956	15	8967
9- 0 mat.	9073	45	8977	20	8971
5	9095	50	8975	25	8979(9001)
10	9068(86)	55	8990	30	8977
15	9076	midi	8957	35	8976
20	9070	12- 5 soir	9007	40	9006
25	9073	10	8979	45	9009
30	9077	15	8971	50	9011
35	9065	20	8957(88)	55	9043
40	9078	25	8957(79)	3- 0 soir	9050
45	9090	30	8952	5	9055
50	9075	35	8951	10	9057
55	9076	40	8938(74)	15	9071
		45	8989	20	9074
		50	9000	25	9071
		55	8973	30	9075
		1- 0 soir	8982	35	9082
		5	8987(9031)	40	9091
		10	9030	45	9097
		15	9046	50	9102

...tin, le 27 Août, jusqu'à 6 heures du soir, le 27 Août 1883, à Batavia.

...conde (mesure de GAUSS).

h m					
3-55 soir	1.9103				
4- 0 soir	9105				
5	9105				
10	9106				
15	9108				
20	9109				
25	9109				
30	9111				
35	9111				
40	9110				
45	9113				
50	9115				
55	9116				
5- 0 soir	9119				
5	9120				
10	9120				
15	9121				
20	9121				
25	9121				
30	9123				
35	9123				
40	9122				
45	9122				
50	9122				
55	9122				
6- 0 soir	9121				

En ce qui concerne les *indications du baromètre,* il est très regrettable que nous n'ayons pas de barogrammes faisant connaître la hauteur d'une manière contenue. Un barographe était jadis établi à Batavia, mais à cause de l'extrême régularité des variations barométriques dans nos climats, on a cessé de se servir de cet appareil, qui a été envoyé à Utrecht. Les observations d'heure en heure, suffisantes pour les cas ordinaires, ont naturellement le désavantage de nous laisser dans l'ignorance au sujet de ce qui se passe dans l'intervalle des observations; c'est ainsi que la grande onde aérienne, qui lors de l'éruption est partie de Krakatau vers 10 heures (voir plus loin) et a donc dû arriver à Batavia quelques minutes après 10 heures, n'a pas été notée. Lorsque, à 11 heures, on constata le niveau élevé du mercure, le baromètre avait déjà commencé à baisser; l'instant du maximum se trouve entre 10 et 11 heures, et ne peut être déterminé avec plus de précision. Personne, au reste, lors de l'éruption, ne s'était attendu à une perturbation atmosphérique si forte et si exceptionnelle, car autrement on n'eût pas manqué de faire la lecture du baromètre de 5 en 5 minutes.

Le notable *abaissement de température* qui a été observé, non-seulement à Batavia, mais aussi à Buitenzorg, à Kroë, à Moeara-Doea, à Bandar et en beaucoup d'autres lieux, ne peut, eu égard aux observations hygrométriques, être attribué à l'évaporation de l'humidité de la cendre.

A mon avis, il provenait uniquement de la basse température des particules de cendre, qui retombaient d'une hauteur très considérable, où elles s'étaient refroidies au contact de l'air. Au voisinage de Krakatau la température n'était pas abaissée; les relations des navires (*Besse, Charles Bal, G.-G. Loudon*) parlent au contraire d'un air chaud, lourd et suffocant, ce qui prouve bien que l'abaissement de température n'était produit que par la cendre lancée à une *grande hauteur* et retombant *très loin* du volcan.

A Batavia, le 27 Août, de midi à 4 heures, la température moyenne fut de 23° C., présentant ainsi des différences de 7° et de

6° C. avec les températures de la veille et du lendemain, respectivement de 30° et de 29°; à Kroë, on nota pendant la plus grande partie du jour 73° Fahr. = 23° Cels. (voir, au Chap. III, la relation du contrôleur Horst); à Bandar, le Dr. Stammeshaus observa, à 2 heures de l'après-midi, la température remarquablement basse de 18°.2 Celsius.

Sur *l'électricité atmosphérique* il n'a pas été fait d'observations à Batavia. Autour de Krakatau, ainsi que nous le savons par les relations des navires, de fortes décharges électriques eurent continuellement lieu dans le nuage de cendre, le feu St. Elme apparut aux mâts et aux vergues, à bord du *Berbice* le bandage en cuivre du gouvernail s'échauffa et des chocs furent ressentis par différentes personnes; à Java's 1e Punt et au Vlakke Hoek la foudre frappa le phare.

Notre volcan peut être comparé à une gigantesque machine à vapeur d'Armstrong, et les phénomènes électriques s'expliquent donc très facilement.

D'après les observations de M. le professeur L. Palmieri, des éclairs ne se remarquent dans les nuages de vapeur du Vésuve que lorsque ceux-ci sont mêlés d'une grande quantité de cendres. La vapeur est fortement chargée d'électricité positive, la cendre retombante est négative.

Lorsque, la tension de l'air étant *positive*, on laisse tomber de la cendre d'une hauteur de 3 à 4 mètres dans un plat de métal, isolé et en communication avec un électroscope de Bohnenberger, cet appareil indique une charge électrique négative, la cendre qui tombe est positive.

D'après cela, M. Palmieri attribue l'électricité négative de la cendre à la chute même, tandis que l'électricité positive du nuage de vapeur serait due en partie peut-être à la rapide ascension de la vapeur, mais surtout à ce que cette vapeur se condense bientôt en particules d'eau; lorsque, en effet, les nuages de vapeur sortent *très tranquillement* du cratère et sont entraînés horizontalement par le vent, ils n'en présentent pas moins une forte charge positive. La

condensation de la vapeur est toujours, suivant M. PALMIERI, une source d'électricité libre positive.

Par suite de la chute des lapilli et des cendres la tension du nuage de vapeur peut croître tellement, que des décharges se produisent entre la partie supérieure du nuage et sa base suspendue au-dessus du cratère, raison pour laquelle les éclairs sillonnent l'intérieur du nuage, mais frappent rarement le sol. Lorsque, toutefois, le nuage de vapeur a des dimensions très considérables, qu'il est mêlé de beaucoup de cendre, et que le vent le transporte au loin, il est possible que les décharges électriques atteignent aussi la terre; c'est ce qui doit avoir eu lieu, entre autres, pendant la grande éruption du Vésuve, en 1631 (**269**).

En ce qui concerne les éclairs dans le nuage de fumée du Krakatau, ils ont, à ma connaissance, été observés surtout pendant les premières éruptions, du 20—27 Mai, et pendant les dernières, des 26 et 27 Août; comme la vapeur était alors indubitablement mêlée de beaucoup de cendre, ces observations confirment celles qui ont été faites au Vesuve et dont il vient d'être question. Au mois de Mai, le Dr. SULZER remarqua aussi que les éclairs se produisaient *dans* la partie supérieure du nuage de fumée, et qu'ils convergeaient des nuages atmosphériques vers ce nuage de fumée. Il ne paraît pas que les décharges électriques, pendant ces éruptions, aient donné lieu à d'autres observations intéressantes.

Quant aux écarts du baromètre, notés à Batavia et à bord des navires, nous y reviendrons ci-dessous, en traitant des mouvements de l'air.

D. MOUVEMENTS DE L'AIR.

Au chapitre III nous sommes déjà entré dans quelques détails au sujet des explosions qui pendant l'éruption, furent entendues dans

la partie Ouest de Java. Nous allons maintenant compléter ces indications.

De toutes les résidences de l'île on a reçu des informations concernant des bruits sourds et de courtes détonations. Il est à remarquer que dans le Centre et l'Est de Java les détonations les plus fortes furent entendues entre 10 heures et midi, — beaucoup de relations parlent de $11^h1/_2$, — alors qu'à Batavia et à Buitenzorg on ne percevait plus rien. Cela doit avoir tenu au nuage de cendre qui, à ce moment, était suspendu entre Krakatau et Batavia. Déjà après l'explosion de 7 heures, mais surtout passé 10 heures, un nuage de cendre s'étendit du volcan vers l'est, sous la forme d'un immense dôme rempli de corpuscules, et enveloppa toutes les localités situées entre Krakatau et Bandoeng.

Le son paraît ne pas s'être propagé, ou s'être propagé très mal, à l'intérieur de ce nuage avec ses millions de particules de cendre; même à Sérang on n'a plus entendu d'explosions après $10^h1/_4$; aux phares de Java's 1e Punt et du Vlakke Hoek, toutefois, des détonations furent encore perçues; à bord des navires qui se trouvaient dans le détroit de la Sonde le bruit fut en général entendu (notamment à bord du *W. H. Besse* et du *Charles Bal*), seul le *G.-G. Loudon* n'entendit rien. Une certaine épaisseur de la couche de cendre paraît donc être nécessaire pour étouffer complètement le son.

Les particules de cendre suspendues dans l'atmosphère donnent une explication si sinple et si satisfaisante des apparentes singularités de la propagation du bruit, que toute autre hypothèse me semble superflue. L'interférence du son, savoir, l'interférence d'ondes propagées directement et d'ondes réfléchies, a difficilement pu jouer un grand rôle dans ces phénomènes. Sans doute, cette interférence peut se produire et donner lieu parfois, en quelque point particulier, á l'affaiblissement ou même à la suppression momentanée du son; mais qu'en un même lieu tous les sons soient complètement éteints de cette manière pendant plusieurs heures consécutives, cela est très improbable. De plus, en cas d'interférence des ondes, le son, en des lieux

voisins, sera tantôt affaibli, tantôt renforcé, et je pense que si les détonations ont eu à Buitenzorg une violence extrême (elles y étaient encore très fortes à une heure avancée de la soirée du 27), la cause en doit être cherchée précisément dans la situation de cette localité en face du Salak, et dans la réflexion du son contre la montagne.

Au-dessus du nuage de cendre, les explosions se propagèrent dans tous les sens et furent naturellement entendues le plus distinctement dans les lieux vers lesquels se dirigeait le vent. A Kroë, dans la matinée du 27, jusqu'à environ 10 heures, alors justement qu'à Buitenzorg et à Batavia les détonations avaient le plus de violence, aucun bruit ne fut perçu, ce qui doit être attribué à la direction. O. ou N. O. du vent; dans les heures suivantes, on n'entendit à Kroë, sauf une seule forte détonation à midi, que des bruits sourds, probablement parce que l'air était chargé de cendres; l'après-midi, toutefois, la pluie de cendre ayant notablement diminué, une formidable explosion fut de nouveau entendue, à $4^h\ 30^m$. Tout cela s'explique d'une manière très plausible, à mon avis, par les différentes directions du vent et par le plus ou moins d'épaisseur de la couche des particules de cendre répandues dans l'atmosphère, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir la singulière propagation du son qui paraît résulter de la force et de la direction du vent, et qu'on a remarquée, entre autres, pour les signaux acoustiques usités en temps de brouillard (**269***).

Les explosions les plus fortes ont eu lieu, comme je l'établirai plus loin, dans la matinée du 27 Août, à $5^h\ 35^m$, $6^h\ 49^m$, $10^h\ 7^m$ et $10^h\ 57^m$, heure de Batavia.

Pour éviter toute confusion, Krakatau sera toujours pris comme point de départ dans les calculs suivant, et les indications d'heure seront toutes données en temps moyen de Krakatau. Les quatre explosions précitées eurent donc lieu aux instants suivants, exprimés en temps de *Krakatau:*

$5^h\ 30^m$, $6^h\ 44^m$, $10^h\ 2^m$ et $10^h\ 52^m$.

La détonation qui, dans le Centre de Java, par exemple à Sema-

rang et à Jokjakarta, fut entendue vers $11^{h\,1}/_{2}$, doit avoir été celle de $10^{h}\ 52^{m}$, vu que la différence de temps est de 20 minutes, et que le son, partant de Krakatau, a besoin de 28 minutes pour parvenir jusqu'à Jokjakarta, de 27 minutes pour aller à Semarang (**270**). On a donc $10^{h}\ 52^{m} + 20^{m} + 28^{m} = 11^{h}\ 40^{m}$, c'est-à-dire, environ $11^{h\,1}/_{2}$. Une différence de 10 et même de 15 minutes n'a rien de surprenant dans ces déterminations, car la plupart ne reposent que sur de simples estimations, et en outre, aux Indes, les horloges presentent assez souvent des différences considérables. D'ailleurs, suivant les annotations de M. Dietrich, de Semarang, cette détonation eut lieu non pas à $11^{h}\ 30^{m}$, mais à $11^{h}\ 48^{m}$. La vérité paraît se trouver entre ces deux chiffres.

Il est à remarquer encore que presque tous les observateurs supposèrent que les détonations provenaient de points beaucoup plus rapprochés que Krakatau; quelques-uns les attribuèrent à des volcans du voisinage, d'autres à des décharges d'artillerie, d'autres encore à des signaux de navires en détresse, de sorte que, dans plusieurs localités, des bâtiments à vapeur furent envoyés au secours. Ci-dessous je noterai ces divers détails, parce qu'ils montrent quelle force extraordinaire, quelle violence inouïe eurent les explosions du Krakatau.

Dans la liste suivante sont mentionnées toutes les localités où, d'après les informations reçues, le bruit a été entendu; autant que possible, on y a indiqué l'heure du commencement, de la plus grande intensité et de la fin des bruits perçus. Beaucoup de ces informations, toutefois, sont manifestement incomplètes, quelques-unes inexactes.

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Ile de Java.			
Rés. Bantam.	Java's 1e Punt.	Dans la nuit du 26/27 Août.	27 Août env. 11^h ma[t].
» »	Tjaringin.	—	» » » 10^h
» »	Anjer.	26 Août 2^h soir.	» » » 10^h
» »	Serang.	26 Août 3^h soir.	» $10^h\,{}^1/_4$
» »	Tjikandi Oedik.	26 Août $4^h\,{}^1/_2$ soir.	—
Rés. Batavia.	Batavia.	26 Août $4^h\,{}^1/_2$ soir.	27 Août env. $8^h\,{}^1/_3$ ma[t].
» »	Buitenzorg.	26 Août 1^h soir.	» » » $6^h\,{}^3/_4$
Rés. Krawang.	Poerwakarta.	26 Août 8^h soir.	—
Rés. Preanger-Reg.	Bandoeng.	26 Août 3^h soir.	—
Rés. Cheribon.	Cheribon.	26 Août midi?	27 Août 1^h mat.?
» »	Koeningan.	26 Août 6^h soir.	—
Rés. Tegal.	Tegal.	26 Août 3^h soir.	—
Rés. Pekalongan.	Pekalongan.	26 Août 11^h mat.?	—
Rés. Banjoemas.	Banjoemas.	26 Août 5^h soir.	27 Août 2^h mat. » » 10^h mat. » » 2^h soir.
» »	Tjilatjap.	26 Août 4^h soir.	—
Rés. Bagelen.	Poerworedjo.	26 Août.	—
Rés. Kedoe.	Magelang.	26 Août 5^h soir.	—

de l'éruption fut entendu.

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
—	(**271**)	
—	(**272**)	
—	(**273**)	
—	(**274**)	
—	(**275**)	
27 Août très avant dans la soirée.	(**276**)	
27 Août 7h s. jusqu'au 28 Août 2h 1/2 mat.	(**277**)	
Dans la nuit du 27/28 Août.	(**278**)	
27 Août 9h soir.	(**279**)	A attribuer peut-être au Gedeh? (**280**).
27 Août 5h soir, 27 Août faibles depuis 7-8h s.	(**281** et **281a**)	
28 Août matin.	(**281**)	
—	(**282**)	Le Tjermai est en activité (**283**).
27 Août 2h soir.	(**284**)	Les bruits avaient le plus d'intensité dans les régions montagneuses.
27 Août 2h soir. De nouveau 8h 1/2 soir faibles.	(**285**)	Les murs et les piliers de l'école européenne se lézardèrent.
27 Août 1h 1/2 soir.	(**286**)	Mention expresse: »pas de tremblement de terre, bien des vibrations de l'air".
27 Août.	(**287**)	Probablement le Slamat?
—	(**288**)	Est-ce le Sendoro ou le Slamat?

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Rés. Jokjakarta.	Jokjakarta.	26 Août 5h soir.	27 Août 11h 1/2 mat.
Rés. Soerakarta.	Soerakarta (Solo).	26 Août.	—
» »	Klatten.	26 Août.	—
Rés. Semarang.	Semarang.	26 Août soir.	27 Août 11h 1/2 mat.
» »	Ambarawa.	27 Août 4h matin?	—
» »	Salatiga.	26/27 Août nuit.	—
» »	Demak.	26/27 Août nuit.	—
Rés. Japara.	Patti.	—	27 Août midi et 3h (?) soir.
» »	Japara.	26 Août 4h soir.	27 Août env. midi.
» »	Karimon-Djawa (île).	26 Août 5h soir.	—
Rés. Rembang.	Rembang.	26 Août.	—
» »	Bodjo-Negoro.	26 Août.	—
» »	Toeban.	26 Août 4h soir.	—
» »	Bajangan.	26 Août 7h soir.	27 Août midi.
Rés. Madioen.	Madioen.	26 Août soir.	—
» »	Ngrambé.	26 Août.	—
» »	Magetan.	26 Août 5h soir.	—
» »	Patjitan.	26 Août soir.	—
Rés. Kedirie.	Toeloeng-Agoeng.	26 Août soir.	—

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
—	(289)	
27 Août.	(290)	On pense que c'est le Merapi.
27 Août.	(291)	
27 Août 2h (?) soir.	(292)	
—	(293)	On croit que les bruits viennent du Merapi.
27 Août.	(294)	
27 Août.	(295)	Peut-être le Merapi?
—	(290)	A midi eurent lieu les plus fortes vibrations atmosphériques, à 3h la plus violente détonation.
27 Août 1h soir.	(290)	
—	(296)	Le maître de poste de Karimon-Djawa crut qu'un navire était en détresse; à 5h du soir (le 26) il fit tirer quelques coups et à 7h lancer quelques fusées, pour annoncer l'expédition de secours; plusieurs praos (bâtiments indigènes) furent immédiatement équipés et envoyés en mer, mais ils revinrent le lundi matin, sans avoir rien découvert.
27 Août.	(297)	
27 Août.	(297)	
27 Août.	(298)	
27 Août midi ½.	(299)	
27 Août.	(300)	
27 Août.	(301)	Le toit de l'habition du Wedono fut fortement endommagé par les vibrations et l'habitation dut être évacuée.
27 Août 2h soir.	(302)	On craint une éruption prochaine du Lawoe.
27 Août.	(300)	
27 Août.	(303)	Le Keloet est tranquille; le Wilis va probablement entrer en activité.

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Rés. Soerabaja.	Soerabaja.	26 Août.	27 Août midi.
» »	Bawean (île).	26 Août $5^h 1/2$ soir.	27 Août 11^h mat.
Rés. Madoera.	Pamekasan.	Depuis le 25? Aout 26 Août 7^h soir.	27 Août $11^h 1/2$ mat.
» »	Bangkalan.	26 Août.	—
Rés. Pasoeroean.	Terre d'Alkmaar (sous-Rés. Bangil).	26 Août.	—
Rés. Probolinggo.	Probolinggo.	26 Août.	—
Rés. Besoeki.	Besoeki.	26 Août.	—
» »	Banjoewangi.	26 Août 6^h soir.	27 Août midi.
Ile de Sumatra.			
Rés. Distr. des Lampongs.	Ketimbang.	26 Août soir.	27 Août env. 10^h mat.
» »	Teloeq-Betoeng.	26 Août 4^h soir.	27 Août 10^h mat.
» »	Soekadana (Sekampong).	26 Août $5^h 1/4$ soir.	26 Août $11^h 1/2$ soir 27 Août 2, 4, $5^h 1/2$ matin.
» »	Goenoeng Soegi (Sepoeti).	26 Août soir.	27 Août 5^h mat.
Rés. Benkoelen.	Vlakkenhoek.	—	27 Août 8^h à midi.
» »	Kroë.	26 Août 3^h soir.	27 Août env. midi $4^h 1/2$ soir.
» »	Div. Kauer.	26 Août soir.	—
» »	Div. Manna.	26 Août soir.	—
» »	Div. Seloema.	26 Août soir.	—

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
27 Août.	(304)	Il semble absurde de supposer que les violentes détonations proviennent du Krakatau; serait-ce le Keloet?
27 Août.	(304a)	Un bâtiment fut envoyé en mer, parce qu'on attribuait les détonations à un navire en détresse.
27 Août.	(305)	
27 Août.	(305)	
27 Août.	(306)	Les vibrations étaient si fortes que les fondements et les murs des habitations de l'administrateur et du machiniste se lézardèrent (306).
27 Août.	(306a)	
27 Août.	(307)	Le bruit est attribué au Lamongan.
27 Août.	(308)	On suppose une éruption du Rawoen.
27 Août.	(309)	
—	(310)	
27 Août.	(311)	
27 Août.	(312)	
27 Août.	(313)	
28 Août 6h mat.	(314)	
27 Août.	(315)	
27 Août.	(315)	
27 Août.	(315)	

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Rés. Benkoelen.	Div. Ommelanden.	26 Août soir.	—
» »	Div. Laïs.	26 Août soir.	—
» »	Div. Mokko-Mokko.	26 Août soir.	—
» »	Chef-lieu Benkoelen.	26 Août 3h soir.	27 Août 9h mat.
Rés. Pad. Benedenlanden.	Painan.	26 Août.	—
» »	Padang.	26 Août 5h soir.	27 Août 1h soir.
» »	Littoral de Padang à Siboga.	26 Août.	—
Rés. Pad. Bovenlanden.	Padang-Pandjang.	26 Août 4h 1/2 soir.	—
Rés. Tapanoeli.	Siboga.	26 Août.	—
» »	Singkel.	26 Août.	—
» »	Toba (lac).	26 Août.	27 Août midi.
» »	Tout le Gouvernement Sumatra's Westkust.	26 Août.	—
Gouvernement Atjeh.	Grand-Atjeh et postes dans les dépendances.	26 Août.	—
» »	Kotta Radja.	26 Août soir.	—
[illegible]matra's Oostk.	Deli.	26 Août.	—
» »	Bengkalis et la province entière.	26 Août 5h soir.	27 Août 10h mat.

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
27 Août.	(315)	
27 Août.	(315)	
27 Août.	(315)	
27 Août.	(316)	
27 Août.	(317)	
27 Août 1h soir.	(318)	On soupçonne d'abord le pic d'Indrapoera, puis le Dempo, d'être le volcan actif. On crut, à Padang, que l'artillerie faisait des exercices aux environs.
27 Août.	(319)	
27 Août 11h mat.	(320)	
27 Août.	(321)	Les détonations retentissaient avec autant de force que si l'on s'était battu dans le voisinage.
27 Août.	(321)	
27 Août.	(322)	Trépidation du sol; on crut qu'une éruption avait lieu sur le plateau de Toba.
27 Août.	(323)	
27 Août.	(324)	Le bruit avait le rententissement de salves et de feux d'artillerie.
26/27 Août nuit.	(325)	On crut qu'un des postes était attaqué, et des ordonnances furent envoyées de Kotta Radja aux postes circonvoisins, pour recueillir des informations.
27 Août.	(326)	
27 Août.	(327)	A 10h on ressentit de faibles tremblements de terre (?) verticaux.

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Rés. Sumatra's Oostk.	Siak.	26 Août 3ʰ soir.	—
Rés. Palembang.	Djambi.	26 Août 3ʰ soir.	—
» »	Tebing-Tinggi.	26 Aout soir.	—
» »	Lahat.	26 Août soir.	—
» »	Bandar.	26 Août 4ʰ soir.	27 Août 9ʰ mat.
» »	Batoe-Radja.	26 Août $2^{h}\,{}^{1}/_{2}$ soir.	27 Août 3ʰ mat.
» »	Moeara-Doea.	26 Août soir.	—
» »	Palembang.	26 Août 1ʰ soir.	—
Autres îles.			
Rés. Riouw.	Tandjoeng-Pinang (Ile Bintang).	26 Août 5ʰ soir.	27 Août 11ʰ 38ᵐ mat.
» »	Lingga (Ile).	26 Août 5ʰ soir.	—
Rés. Banka.	Muntok.	26 Août 4ʰ soir.	27 Août $10^{h}\,{}^{1}/_{2}$ mat.
» »	Toboali.	26 Août 4ʰ soir.	—

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
27 Août 11^h mat.	(328)	
27 Août 11^h soir?	(329)	N. B. Le rapport dit »11^h du soir"; cela doit probablement être: 11^h du matin.
27 Août 11^h mat.	(330)	
27 Août 11^h mat.	(330)	
27 Août 10^h mat.	(331)	
27 Août 10^h mat. Le soir à $8^h\,^1/_2$, de nouveau, faibles.	(332)	Il est mentionné expressément: »Pas de tremblement de terre". Pendant les détonations de 3^h du matin, des lézardes se produisirent à la caserne des pradjoerits.
27 Août 9^h mat. Le soir à $8^h\,^1/_2$ de nouveau, faibles.	(333)	
27 Août 11^h mat. ou $11^h\ 45^m$ mat.	(334 et 335)	Les murs du bureau de la résidence, de l'école européenne et de la maison de l'instituteur, furent tellement lézardés, qu'il fallut immédiatement évacuer ces bâtiments.
27 Août 5^h soir.	(330)	
28 Août mat.	(337)	On n'observa pas de tremblement de terre, mais bien des craquements de maisons.
27 Août 11^h ou midi, de nouveau à $10\text{-}11^h$ du soir, faibles.	(338)	Détonations les plus fortes le 26, à 4^h, $5^h\,^1/_2$, et $9^h\,^1/_2$ du soir; le 27, à $1^h\,^1/_2$, $3^h\,^1/_2$, et $10^h\,^1/_2$ du matin.
27 au 28 Août minuit.	(338a)	Un aviso fut envoyé à la découverte.

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Rés. Banka.	Pangkal Pinang.	26 Août 4h soir.	—
» »	Batoe Roesa (Merawang).	26 Août 3h 1/2 soir.	—
» »	Soengei Liat.	26 Août 4h soir.	—
» »	Djeboes.	26 Août 3h soir.	—
» »	Tandjoeng Laboe (île Lépar).	26 Août 3h soir.	27 Août midi.
Sous-Rés. Billiton.	Tandjoeng Pandan.	26 Août 3h soir.	27 Août 9h à midi.
» »	Dendang.	26 Août 4h soir.	27 Août 10h 1/2 mat.
» »	Manggar.	26 Août 11h mat.	—
» »	Ile Mendanau.	26 Août 5h soir.	—
Rés. Div. Ouest de Bornéo.	Pontianak.	26 Août 7h soir.	27 Août 11h mat.
» »	Soekadana.	26 Août.	—
» »	Sintang.	26 Août.	—
» »	Landak.	26 Août.	—
» »	Singkawang.	26 Août soir.	27 Août 2h 1/2 et 11h du mat.
En mer.	Navire *Ida* à env. 2° Lat. N., 108° Long. E. de Gr.	—	27 Août vers midi.
Rés. Div. Sud et Est de Bornéo.	Pengaron.	26 Août 6h 1/2 soir.	27 Août 11h mat.
» »	Tanah Laut.	26 Août.	—

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
7 Août $1^h 1/2$ soir, de nouveau à 10^h 50^m du soir, faibles.	(339)	
7 Août $8^h 1/2$ soir.	(339)	
7 Août 1^h soir.	(339)	
7 Août; de nouveau jusqu'au 28 Août au mat.	(339)	Pas de tremblement de terre.
7 Août 3^h soir.	(340)	Des bâtiments indigènes furent envoyés pour prêter assistance.
7 Août minuit.	(341)	
7 Août.	(342)	
7 Août 9^h soir.	(342)	
7 Août 3^h soir.	(342a)	
7 Août 1^h. De nouveau faibles de $10-12^h$.	(343)	
7 Août.	(343)	
7 Août.	(343)	
7 Août.	(343)	
7 Août 8^h soir.	(344)	Pas de tremblement de terre, car, dans la chambre de bain, l'eau contenue dans de grandes tonnes était en repos parfait.
—	(344a)	Les détonations s'entendaient dans la direction S. S. E.
Août 7^h soir.	(345)	
Août.	(345)	

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Rés. Div. Sud et Est de Bornéo.	Martapoera.	26 Août.	—
» »	Bandjermasin.	26 Août.	—
» »	Teweh.	26 Août.	—
» »	Samarinda (Koetei).	26 Août.	—
» »	Baie Ste Lucie.	26 Août.	—
Rés. Bali et Lombok.	Boeléleng et la province entière.	26 Août 6^h soir.	27 Août 11^h à mid
Rés. Timor.	Timor et la province entière.	26 Août.	—
Gouvern. Célèbes.	Macassar et la province entière, même jusqu'à Tontolie, au nord.	26 Août.	—
Rés. Menado.	Menado et province entière.	26 Août soir.	—
» »	Grand Sangi (Ile).	25/26 Août la nuit?	—
Rés. Amboine.	Ambon et province entière.	26 Août soir.	—
» »	Lonthoir (Grand Banda).	26 Août.	—
» »	Neira (Petit Banda).	26 Août.	27 Août 2^h soir.
» »	Wahaai (Ile Céram).	26 Août.	—
Rés. Ternate.	Ternate, Batjan. Iles Soelah. Doreh.	—	—

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
7 Août.	(345)	
7 Août.	(345)	
7 Août.	(345)	
7 Août.	(345)	
7 Août.	(345)	
7 Août 1h soir.	(346)	Sur les navires en rade de Boeléleng, à 3 kilomètres de la ville, les détonations ne furent pas entendues.
7 Août.	(347)	Un vapeur du Gouvernement fut envoyé reconnaître la cause des détonations.
7 Août.	(348)	Le 27 Août le *Sumatra*, vapeur de S. M., et le 28 Août l'*Anjer*, vapeur du Gouvernement, furent envoyés, de Macassar, à la découverte.
' Août.	(349)	
Août?	(350)	
Août.	(351)	
Août.	(351)	
Août.	(351)	On crut que le Goenoeng Api (à l'O. de Neira) était en éruption.
Août.	(351)	
Août.	(352)	

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Lieux en dehors des Indes néerlandaises.			
Philippines.	Manille.	—	—
Ile Palawan.	Palawan.	—	—
Bornéo Côte Nord.	Elopoera.	—	—
Bornéo Côte N. O.	Ile Laboean.	—	—
» » » »	Sarawak.	—	—
Cochinchine.	Saigon.	—	—
Siam.	Bangkok et encore à 100 milles au-delà, dans l'intérieur du pays.	—	—
Straits Settlements.	Singapore.	26/27 Août la nuit.	—
» »	Penang (île).	26 Août 5h soir.	27 Août 11h mat.
» »	Thaïpeng (Perak).	26 Août.	—
En mer.	Navire *Brani* à env. 2° Lat. S., 90° Long. E. de Paris.	26 Août.	—
» »	Navire *Barbarossa* à env. 2° Lat. S., 92° Long. E. de Gr.	26 Août soir.	27 Août mat.
Nicobares.	Iles Nicobares.	26 Août.	—
Andaman (îles).	Port Blair.	26 Août.	—

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
7 Août.	(**353**)	On supposa des navires en détresse, le canon fut tiré pour signal et tous les préparatifs de secours furent faits.
7 Août.	(**354**)	
7 Août.	(**354**)	
7 Août.	(**355**)	
7 Août.	(**356**)	
7 Août.	(**359**)	
7 Août.	(**358**)	
7 Août.	(**357—359**)	Une chaloupe à vapeur, et plus tard le steamer *Pilot Fish,* furent envoyés en reconnaissance.
7 Août 5^{h} soir.	(**360**)	On crut, à 11^{h} du mat. (le 27 Août), qu'une corvette américaine faisait le salut; ce navire avait toutefois quitté la rade des 7^{h} du matin.
7 Août.	(**360^{a}**)	
7 Août.	(**361**)	
7 Août.	(**361^{a}**)	
7 Août.	(**362** et **362^{a}**)	
7 Août.	(**362** et **362^{a}**)	Le vapeur *Kwangtung* fut envoyé en mer.

Gouvernement ou Résidence.	Localités.	Premiers bruits entendus.	Détonations les plus fortes.
Birman anglais.	Tavoy et Mergui.	26 Août.	—
Ceylan.	Madulsima.	26 Août.	—
»	Trincomali.	26 Août.	—
»	Tissamaharama près de Hambantota.	26 Août.	—
»	Amblantota, sur le Walawé.	26 Août.	—
»	Vallée de Kotmalie.	26 Août.	—
Archipel Chagos.	Diego Garcia (île).	27 Août.	27 Août entre 10 [et] 11 heures.
Rodriguez.	—	27 Août.	—
Ile Keeling.	Keeling.	26 Août $3^h\,^1/_2$ soir.	—
Australie.	Cossack et environs (Côte Ouest).	—	27 Août.
»	Geraldton et environs (Côte Ouest).	—	27 Août 1^h mat.
»	Perth, Mount William, Victoria Plains et environs.	26 Août 11^h soir.	27 Août.
»	Alice Springs. Undoolga. Daly Waters. Elsey Creek.	26/27 Août la nuit.	27 Août entre $9^h\,30^m$ et $10^h\,10^m$ du matin

Derniers bruits entendus.	Voir la Note N°.	Remarques.
27 Août.	(362)	
27 Août.	(363)	On crut que des coups de canon étaient tirés à Trincomali.
27 Août.	(362ª)	
27 Août.	(364)	
27 Août.	(364)	
27 Août.	(365)	
27 Août.	(365ª)	
27 Août.	(365ᵇ)	
27 Août 7ʰ mat.	(366)	
—	(367)	
—	(367ª)	
27 Août 4ʰ soir.	(367ᵇ)	
27 Août mat.	(367ᶜ et 367ᵈ)	

La comparaison de ces renseignements suggère les remarques suivantes:

1. Les détonations ne furent pas entendues avant le 26 Août, après midi; quelques informations parlent du 25 Août, mais les bruits perçus ce jour-là doivent avoir eu une autre cause, dont il sera question plus bas.
2. Les détonations les plus violentes ont eu lieu le 27 Août, entre 10 et 11 heures du matin. Les explosions de $10^h\ 2^m$ et de $10^h\ 52^m$ (heure de Krakatau) sont celles qui ont été entendues le plus distinctement dans l'Archipel Indien, la première à Banka et à Billiton ($10^h\,^1/_2$), à la Côte Ouest de Bornéo (11^h), dans les divisions Sud et Est de Bornéo (11^h), à Bawean (11^h) et à Banda (2^h); la seconde à Riouw ($11^h\ 38^m$), dans le Centre de Java ($11^h\,^1/_2$), dans l'Est de Java (12^h) et à Bali (12^h). Le bruit de l'explosion de $10^h\ 2^m$ s'est donc propagé un peu plus au nord que celui de $10^h\ 52^m$, peut-être parce que le vent soufflait un peu plus du Sud.
3. La force des détonations a beaucoup diminué après 11^h (heure de Krakatau); ce repos relatif continua jusqu'à 7^h du soir (la relation de Kroë, toutefois, mentionne déjà une explosion violente à $4^h\ 30^m$). Alors commença une période de recrudescence d'action, qui dura jusqu'au matin du 28.
4. Après 6 heures du matin, le 28, on n'a plus entendu de détonations, et l'éruption peut être regardée comme finie.
5. Le bruit s'est propagé dans un cercle tracé autour de Krakatau, comme centre, avec un rayon de 30° (= 1800 milles marins = 3333 kilomètres) (Voir la petite carte fig. 6). Le point le plus oriental (Doreh) et le point le plus occidental (Ceylan), où les bruits furent encore entendus, sont donc éloignés l'un de l'autre de 60°, ou $^1/_6$ de la circonférence de la terre. L'aire du segment sphérique limité par ce cercle est environ $^1/_{15}$ de la superficie du globe (**368**). Dans les temps historiques on ne connaît aucune autre éruption dont le bruit se soit propagé sur une si énorme surface. D'après Zollinger (**369**), le rayon du cercle dans

lequel le bruit fut perçu lors de l'éruption du Tambora, en Avril 1815, s'élevait à 15°; la superficie du segment était donc $\frac{1}{58.65}$ de la superficie de la terre, et par conséquent 3.93 fois plus petite que pour l'éruption du Krakatau.

Dans la direction de l'ouest, le bruit a même encore été entendu *en dehors de ce cercle,* ainsi qu'il résulte des informations de Diëgo-Garcia et de Rodriguez, îles situées respectivement à 1970 et 2579 milles marins de Krakatau. De ce côté, la direction est du vent paraît avoir particulièrement favorisé la propagation du son, de sorte que la surface sur laquelle le bruit de l'éruption a été entendu, partout ailleurs circulaire, est allongée en ellipse ou en ovale vers l'ouest (fig. 6). Il en résulte que la superficie devient encore de $^1/_{12}$ plus grande, et qu'elle s'élève en somme à plus du $^1/_{14}$ de la superficie du globe.

De l'heure (entre 10 et 11) indiquée pour Diëgo Garcia, on peut conclure que c'est la forte explosion de 10 heures qui a été entendue en ce point; la différence de temps local est, en effet, de 33×4 min. $=$ 132 minutes; la propagation du son a exigé $32^5/_6 \times 5^1/_3$ min. $=$ 175 minutes; par conséquent, l'explosion a été entendue à: $10^h\,2^m + 175^m - 132^m = 10^h\,2^m + 43^m = 10^h\,45^m$ temps de Diëgo Garcia.

Les informations reçues postérieurement de l'Australie nous apprennent que le bruit a été entendu non-seulement à Daly Waters, à 1751 milles de Krakatau, mais encore à Alice Springs, à la distance de 1936 milles, et même à 25 *statute miles* (= 22 milles marins) plus à l'est, donc à 1958 milles de Krakatau; de ce côté aussi, le bruit a donc un peu dépassé notre cercle. La différence de temps entre Alice Springs et Krakatau s'élève à $1^h\,53^m$, la distance sur le grand cercle à $32°\,^1/_4$, le temps nécessaire au son pour parcourir cette distance à $32^1/_4 \times 5^1/_3$ minutes $= 2^h\,52^m$. La détonation, qui d'après la relation (voir **367**[d]) fut entendue à Alice Springs à $10^h\,10^m$, doit donc être partie de Krakatau à $10^h\,10^m - 1^h\,53^m - 2^h\,52^m = 5^h\,25^m$ du matin, temps de Krakatau; et nous verrons effectivement, plus

loin, qu'une des quatre plus fortes explosions a eu lieu à $5^h\ 30^m$, détermination qui ne diffère que de 5 minutes de celle fournie par l'indication d'Alice Springs.

Pour Daly Waters nous trouvons: différence de temps $1^h\ 52^m$, distance $29°^1/_5$, donc temps nécessaire au son: $29^1/_5 \times 5^1/_3 = 2^h\ 36^m$.

Notre détonation de $5^h\ 30^m$ doit donc être arrivée à Daly Waters à $5^h\ 30^m + 1^h\ 52^m + 2^h\ 36^m = 9^h\ 58^m$. La relation dit »entre $9^h\ 30^m$ et 10^h".

Au moment où d'énormes masses de matières solides et de produits gazeux étaient lancées avec une grande vitesse par notre gigantesque bouche à feu, l'air qui se trouvait au-dessus du cratère devait naturellement être ébranlé violemment. Il est à présumer qu'en pareil cas il se forme des ondes aériennes de longueur très différente, et la question de savoir si le mouvement sera entendu comme son, ou ton, dépend simplement de la longueur d'onde, du nombre des vibrations exécutées en un certain temps. On sait par les expériences de M. Helmholtz (**370**) que les tons les plus bas qui soient perceptibles font environ 16 vibrations par seconde, ce qui correspond à une longueur d'onde d'environ 20 mètres. Tout ce qui descend plus bas n'a plus le caractère de ton; pendant quelque temps encore les battements de l'air sont entendus isolément, sans qu'on puisse déterminer une hauteur de ton spéciale, et lorsque les vibrations deviennent encore plus lentes (le nombre des vibrations par seconde encore plus petit), la perception par l'oreille cesse entièrement.

Nous avons vu ci-dessus que des ondes sonores d'une puissance incroyable ont été produites à Krakatau, et à priori nous pouvons déjà admettre qu'outre ces ondes sonores il s'est formé aussi des ondes plus longues, car il n'y a aucune raison à alléguer pour que l'éruption de notre volcan n'eût donné lieu qu'à des ondes aériennes de moins de 20 mètres de long; l'existence d'une pareille limite ·rait ici tout à fait extraordinaire.

Par suite de ces diverses ondulations de l'air, une foule d'objets, maisons, portes, fenêtres, horloges accrochées aux murs, objets posés sur des meubles ou suspendus au plafond, tels que lampes, entrèrent en *vibration simultanée*. Que ces vibrations n'étaient pas seulement occasionnées par les ondes sonores, je crois pouvoir l'inférer de plusieurs faits. Suivant quelques relations, les plus fortes explosions ne coïncidèrent pas toujours avec les plus fortes vibrations (**296**); en quelques endroits même on paraît n'avoir entendu aucune détonation et n'avoir remarqué que des vibrations, qui alors furent attribuées à un faible tremblement de terre vertical (**327**), sans doute parce que les objets suspendus, les lampes par exemple, s'élevaient et s'abaissaient verticalement, mais ne se balançaient pas; dans beaucoup de communications, au contraire, et ce sont précisément celles des observateurs les plus attentifs (**332**), il est expressément mentionné que la vibration des objets n'était *pas* causée par des tremblements de terre, mais par des ondulations de l'air; enfin, à Semarang, au mois de Mai, on observa des vibrations, mais aucun bruit ne fut perçu (**14**).

Les faits suivants permettront de juger de la force de ces vibrations communiquées.

A *Batavia*, éloigné de 150 kilomètres de Krakatau, des vitres éclatèrent dans des magasins (**61**) des becs de gaz s'éteignirent (**60**) par suite des oscillations du gazomètre de l'usine à gaz, et l'horloge astronomique s'arrêta (**62**).

A *Buitenzorg* (150 kilom. de Krakatau) des lampes furent projetées hors de leurs suspensions. Je me rappelle très bien que la détonation et la chute des lampes furent entendues simultanément, ou presque au même instant, et pour cette raison on est très porté à attribuer ces phénomènes exclusivement aux vibrations sonores. Mais, toutes les ondes aériennes se propageant avec la même vitesse, quelle que soit leur longueur d'onde, le fait de la simultanéité ne prouve rien, car les vibrations qu'on peut entendre et celles qui ne sont pas perceptibles à l'oreille arrivent en même temps.

A *Ngrambé* (rés. Madioen), 650 kilom. de Krakatau, à la terre d'*Alkmaar* (rés. Pasoeroean) 830 kilom. de Kr., à *Batoe Radja*,

250 kilom. de Kr. et à *Palembang*, 350 kilom. de Kr., plusieurs habitations, dont les murs s'étaient lézardés, durent être évacuées. Les localités en question se trouvent les unes en pays de montagnes, les autres en pays de plaine, et on ne comprend pas très bien pourquoi des maisons furent endommagées précisément dans ces endroits-là et non en d'autres plus rapprochés de Krakatau. Peut-être étaient-elles depuis longtemps caduques et n'attendaient-elles qu'une occasion pour en donner la preuve.

Les perturbations de l'atmosphère durant l'éruption, ont été observées sur différents navires, ainsi que nous l'avons déjà rapporté ci-dessus, au moins partiellement.

A bord de l'*Anerley*, 3 baromètres anéroïdes montèrent et baissèrent, à courts intervalles, de 1 *inch* (25.4 millim.). Les indications d'heure précises font défaut (**124**).

A bord du *W. H. Besse*, le baromètre monta et baissa rapidement, puis resta stationnaire (**127**). Aucune indication d'heure n'est donnée.

A bord du *Berbice*, le mercure des baromètres ordinaires et les aiguilles des anéroïdes oscillèrent sans interruption entre 28 et 30 pouces anglais (711—762 millim.). Pas d'indication d'heure précise (**133**).

M. Visman, commandant du steamer néerlandais *Prinses Wilhelmina*, mouillé dans le port extérieur de Tandjong Priok, observa, dans la matinée du 27 Août, une agitation singulière des baromètres. Un baromètre à mercure et des anéroïdes marquaient simultanément des pressions qui variaient de 750 à 762 millimètres à des intervalles de 2 à 5 minutes, et cela dura depuis 9 heures jusqu'à midi (**371**).

M. van Schelle, ingénieur des mines à Singkawang, remarqua une baisse des baromètres holostériques après 11 heures; l'ascension préalable n'a malheureusement pas été observée, elle était déjà finie à 11 heures, car la grande onde aérienne a dù arriver à Singkawang à 11^h moins 5^m. On a noté (chiffres réduits à 0° Cels.):

11^h	759.9 millim.	$11^h\ 55^m$	756.9 millim.
$11^h\ 35^m$	751.8 »	$12^h\ 5^m$	758.1 »
$11^h\ 40^m$	752.7 »	$12^h\ 20^m$	759.1 »
$11^h\ 50^m$	755.4 »		

La différence entre les lectures de 11^h et de $11^h\ 35^m$, savoir $8^{mm}.1$, ne représente donc pas tout à fait la différence maxima de la pression, puisque avant 11 heures la hauteur a dû être plus grande; la première lecture ayant toutefois eu lieu très peu de temps après la plus forte détonation, cette valeur ne peut pas s'écarter beaucoup du maximum (**372**). Le minimum aussi est plus ou moins incertain, aucune lecture n'ayant été faite entre 11^h et $11^h\ 35^m$.

Les observations horaires des baromètres de l'Institut météorologique de Batavia accusent aussi la perturbation de l'atmosphère, quoiqu'elles nous laissent également dans l'incertitude quant au moment précis des maxima et des minima. Dès le 26 Août, à 6 heures du soir, commencent des irrégularités; le 27, à 2^h du matin, on note un minimum, puis le baromètre monte jusqu'à 5 heures, présente un nouveau minimum à 6^h, un maximum à 8^h, un minimum à 10^h, enfin un très grand maximum à 11^h. Bien que cette hauteur, $764^{mm}.05$, soit la plus grande qui ait été notée depuis 1866, il est certain qu'à ce moment le baromètre était déjà en baisse, et qu'il avait atteint son niveau le plus élevé à environ $10^h\ 15^m$. La non-observation de ce maximum est très regrettable, d'abord pour la détermination de l'heure exacte de l'explosion, ensuite et surtout pour la connaissance de la valeur de la pression atmosphérique elle-même. Maintenant on peut seulement dire que la différence entre la lecture de 10^h et le maximum doit avoir été plus grande que celle des lectures de 10^h et de 11^h, c'est-à-dire plus grande que $3^{mm}.4$.

Aucune des observations n'est assez exacte pour qu'on puisse en déduire avec certitude la grandeur de la perturbation. Le *Berbice* donne pour la différence du maximum et du minimum observés à proximité du point d'éruption 50 millimètres au moins, ce qui est indubitablement un chiffre très élevé; le *Prinses Wilhelmina*, à Tandjong Priok, à 160 kilomètres de Krakatau, donne 12 millim.; les lectures à Singkawang, à 870 kil. (470 milles marins) de Krakatau, donnent 8 millim. Si nous admettons que les écarts en plus et en moins, par rapport à l'état normal, furent égaux, ce qui probable-

ment n'aura pas été tout à fait le cas, l'augmentation de la pression de l'air, produite par l'onde de Krakatau, aurait été de 25 millim. dans le détroit de la Sonde, de 6^{mm} à Tandjong Priok et de 4^{mm} à Singkawang. Ces chiffres, si incertains qu'ils soient, montrent que la pression était en tout cas assez forte pour expliquer la sensation de surdité (**58**) et les bourdonnements d'oreille (**373**) que quelques personnes ont éprouvés. Moi-même je n'ai rien ressenti de ce genre, bien que j'aie du reste l'oreille très sensible.

La pression de l'air ayant été parfaitement appréciable à Singkawang, il était à présumer qu'en des lieux encore plus éloignés de Krakatau on aurait également observé des perturbations dans l'état du baromètre. C'est ce que vinrent bientôt confirmer, en effet, des communications de Maurice et de divers points d'Europe, ainsi que les barogrammes qui me furent envoyés de Sydney et de Melbourne, en Australie.

La grande perturbation atmosphérique, produite par l'éruption, s'est propagée, sous la forme d'une onde régulièrement progressive, autour de Krakatau comme pôle, sur la terre entière; l'onde circulaire se dilata jusqu'à 90° de Krakatau, se contracta ensuite jusqu'à 180°, à l'antipode de notre volcan, où la perturbation doit avoir été très forte, revint alors à son point de départ, etc., et parcourut ainsi plus de 3 fois la circonférence entière du globe. Mais avant d'entrer dans plus de détails au sujet de ces ondes aériennes, je dois m'occuper des observations de l'usine à gaz de Batavia, afin de fixer les moments où eurent lieu les éruptions les plus violentes.

Le gaz du grand gazomètre de l'usine ne se rend pas directement, bien entendu, aux conduites de la ville, mais doit passer d'abord par un second gazomètre, beaucoup plus petit, un »régulateur", dans lequel la distribution à la ville peut être réglée au moyen d'une disposition spéciale. Cette disposition consiste en une cloche conique, dont le sommet est tourné vers le haut, et qui, étant fixée à la paroi supérieure du gazomètre, monte et descend avec celui-ci. Le tuyau par lequel le gaz afflue du grand gazomètre est fermé en partie, ou même totalement, par l'extrémité inférieure de la cloche,

dès que le volume du gaz a franchi une certaine limite. La pression nécessaire est donnée au moyen de poids, qu'on place sur le haut du régulateur (**374**).

Du régulateur le gaz s'écoule dans la canalisation de la ville. Non loin du régulateur, et communiquant avec la conduite principale par un tube plus étroit, se trouve un appareil destiné à inscrire d'une manière continue la pression du gaz. Cet »indicateur" ou »mouchard" est formé d'une petite cloche cylindrique, plongeant dans l'eau, et dont la partie supérieure se remplit de gaz. Sur le haut de la cloche est fixée une tige, dont l'extrémité supérieure porte un crayon. Lorsque la pression augmente, cette tige monte avec la cloche, et le crayon inscrit la pression, d'un trait continu, sur un papier enroulé autour d'un cylindre qui tourne d'un mouvement régulier. L'appareil est donc auto-enregistreur; sur le papier sont tracées des lignes horizontales, qui indiquent la pression en millimètres d'eau, et des lignes verticales, dont les intervalles successifs représentent chacun une heure de temps; il est possible, de cette manière, de connaître la pression à un instant quelconque (**375**).

Un spécimen du tracé normal de la pression, à l'usine de Batavia, se voit dans la fig. 17, réduit à l'échelle de 1 : 5. Ce tracé va du 30 Août, 1 heure après midi, au 31 Août, 1 heure après midi.

Pendant le jour on ne donne presque pas de pression, 10 à 15 millimètres (d'eau) seulement; de 4 à 6 heures du soir on élève légèrement la pression, puis à 6^h, et jusqu'à 7^h, on l'augmente très fortement; cette haute pression (78 à 80 millimètres) est maintenue jusqu'un peu au-delà de 8^h, moment à partir duquel on l'abaisse successivement jusqu'à 3 ou 4^h de la nuit; après 6^h du matin on la diminue encore une fois, en la réduisant à 10 ou 15 millimètres, pression qu'on conserve alors pendant le reste du jour.

La courbe a presque toujours la même forme, sauf que la pression varie, le soir, suivant que les réverbères sont allumés ou non.

Comparons maintenant à cette courbe la ligne que l'indicateur a

tracée du 26 au 27 Août (fig. 15). Dès le 26 au soir, vers 5 heures, alors que la pression était encore faible, la courbe présente des dentelures aiguës, irrégulières. Rien n'a été inscrit des mouvements survenus entre 6 heures du soir et minuit, parce qu'une pression considérable existait alors dans l'appareil lui-même, de sorte qu'il était moins sensible aux variations de la pression extérieure. Après minuit les oscillations redeviennent visibles; les déviations les plus fortes eurent lieu aux instants suivants (temps de Batavia), que j'ai déterminés par des mesures sur les feuilles originales.

	Ascension en millim.
26 Août 5h 20m du soir. Temps de Batavia	18
De 6h du soir à minuit, inconnue	—
27 Août 12h 9m du matin (nuit)	?
1h 55m » »	25
2h 38m » »	25
3h 30m » »	18
4h 41m » »	20
4h 56m » »	26
5h 43m » »	40
6h 0m » »	29
6h 57m » »	41
7h 11m » »	26
8h 26m » »	24
9h 42m » »	29
10h 15m » »	65
11h 5m » »	41

Si l'on admet que la pression donnée à l'usine était: le 26, à 5h du soir, de 28mm; le 27, à 1h du matin, de 30mm; à 2h, de 26mm; à 3h, de 22mm; à 4h, de 21mm; à 5h, de 20mm; à 6h, de 18mm; à 7h, de 16mm; à 8, 9, 10 et 11 heures de 15 millimètres, — ce qui ne s'éloignera pas beaucoup de la réalité, — on trouve pour l'ascension du crayon, aux instants indiqués dans le tableau ci-dessus, les valeurs que j'ai inscrites dans la seconde colonne, exprimées en millimètres d'eau; ces chiffres nous donnent un aperçu comparatif de l'intensité des différentes explosions.

On peut les répartir en groupes, de la manière suivante:

Ascension 18 à 20 mm. 26 Août. $5^h\ 20^m$ soir; 27 Août $3^h\ 30^m$, $4^h\ 41^m$.

Ascension 24 à 26 mm. 27 Août. $1^h\ 55^m$, $2^h\ 38^m$, $4^h\ 56^m$, $7^h\ 11^m$, $8^h\ 26^m$.

Ascension 29 mm. 27 Août. $6^h\ 0^m$, $9^h\ 42^m$.

Ascension 40 à 41 mm. 27 Août. $5^h\ 43^m$, $6^h\ 57^m$, $11^h\ 5^m$.

Ascension 65 mm. 27 Août. $10^h\ 15^m$.

Il ressort clairement de ces nombres que les quatre plus fortes explosions doivent correspondre aux ascensions de l'indicateur à $5^h\ 43^m$, $6^h\ 57^m$, $10^h\ 15^m$ et $11^h\ 5^m$, dont la troisième est de beaucoup la plus considérable. La figure montre que le crayon, à $10^h\ 15^m$, s'est élevé jusqu'au bord supérieur du papier, et le temps écoulé pendant qu'il s'élevait et s'abaissait a été d'environ $1/_4$ d'heure (mesuré sur la feuille primitive), dont 7 minutes pour la montée et autant pour la descente. L'augmentation de pression ne se fit donc pas subitement, mais d'une manière très graduelle; dans la plupart des autres. oscillations on remarque également une période de plusieurs minutes, quoique plus courte que dans celle de $10^h\ 15^m$.

Ces irrégularités dans la courbe de l'indicateur sont évidemment dues aux ondes aériennes qui furent émises lors de différentes explosions du Krakatau et qui, arrivées à Batavia, exercèrent une pression sur le gazomètre et sur le régulateur. Nous avons donc dans l'indicateur un appareil pouvant fournir des renseignements au sujet de l'heure à laquelle les explosions eurent lieu.

Une difficulté résulte toutefois de ce que nous ne connaissons pas l'inertie de l'indicateur, c'est-à-dire, le temps qui s'est écoulé entre le moment où le gazomètre et le régulateur subirent la plus forte pression et le moment où ce maximum fut inscrit par le crayon.

L'action de l'appareil est assez compliquée, parce que le grand gazomètre ne communique pas directement avec l'indicateur, mais avec le régulateur. Quand une onde passe sur Batavia, bien entendu, elle pèse non-seulement sur le gazomètre, mais aussi sur le régulateur, et sous cette influence directe le régulateur s'abaissera et la pression sera donc augmentée. D'un autre côté, l'abaissement du grand gazomètre fera écouler du gaz dans le régulateur, qui par

suite s'élèvera. Mais, soit qu'en définitive le régulateur monte ou descende, la *pression* sera accrue tant dans le gazomètre que dans le régulateur, parce que sur tous les deux se fait sentir la charge supplémentaire produite par le passage de l'onde. L'inscription de l'indicateur suivra donc de près la variation de la pression de l'onde, et, après en avoir causé à différentes reprises avec le directeur de l'usine à gaz de Batavia, M. VAN DER MADE, je regarde comme improbable que l'inertie de l'appareil puisse s'élever à plus de 1 à 3 minutes. Vraisemblablement, sa valeur est même *très* faible, car lorsqu'on pose des poids sur le régulateur, l'indicateur l'accuse presque immédiatement.

Comme on peut supposer, en outre, que la vitesse de ces ondes aériennes est la même que celle des ondes sonores, savoir 347.2 mètres à 25° Cels., l'onde, pour parcourir le trajet de Krakatau à l'usine de Batavia, soit 150 kilomètres ou 1° 21′, aura eu besoin de $7\,^1/_5$ minutes (voir la note **270**). Si provisoirement nous comptons encore $2\,^4/_5$ minutes pour l'inertie de l'appareil, il faut retrancher des indications d'heure données plus haut, $7\,^1/_5 + 2\,^4/_5 = 10$ minutes pour avoir l'instant des explosions du Krakatau en temps de Batavia, et par conséquent $15\,^1/_3$ minutes pour le connaître en temps de Krakatau, puisque entre ces deux points la différence de latitude est de $1°\,^1/_3$, correspondant à une différence de temps de $5\,^1/_3$ minutes.

En négligeant $^1/_3$ de minute, nous trouvons donc comme première approximation pour l'heure des 4 plus violentes explosions, en temps de *Krakatau:* 27 Août, $5^h\,28^m$, $6^h\,42^m$, 10^h et $10^h\,50^m$ du matin (**276**). Une erreur de 2 à 3 minutes au plus est possible, en ce sens toutefois que les éruptions peuvent avoir eu lieu autant de minutes *plus tard*, non plus tôt.

L'indicateur nous apprend que *l'explosion de* 10^h *fut de beaucoup la plus violente*, et il est donc probable que l'onde aérienne formée lors de cette éruption-*là* a fait le tour du monde. La grandeur de la pression de l'onde ne peut être déterminée qu'approximativement, car nous ignorons si le crayon n'a pas été arrêté dans sa course ascendante par le ruban de caoutchouc qui serre le papier sur le cylindre.

Cela ne paraît toutefois pas avoir été le cas, le tracé du crayon se terminant en pointe assez aiguë. Mais la pression de l'usine à gaz, à $10^h\,15^m$, n'est pas non plus connue d'une manière précise; c'est par supposition que nous lui avons attribué une valeur de 15 millimètres.

En faisant abstraction de ces erreurs possibles, et en admettant que l'appareil indique du reste avec exactitude la différence de pression, on aurait ici une augmentation de pression de $80 - 15 = 65$ millimètres d'eau, équivalant à environ $^{65}/_{13}$ ou 5 millimètres de mercure; eu égard aux nombreuses sources d'erreurs, ce résultat présente certainement un *accord très satisfaisant* avec les 6 millim. que le calcul nous a donnés, précédemment, pour Tandjong Priok.

Plus loin de Krakatau, la pression de l'onde est naturellement devenue plus faible, mais pour Batavia on peut admettre qu'elle n'a pas été moindre que 5 à 6 millimètres, ou $^{1}/_{150}$ à $^{1}/_{125}$ de la pression totale de l'atmosphère.

En Europe, c'est devant la Société Royale de Londres, dans sa séance du 13 Décembre 1883, que l'attention paraît avoir été attirée pour la première fois sur les perturbations atmosphériques, par M. R. H. Scott, qui crut déjà pouvoir en rapporter l'origine au Krakatau. A son mémoire il avait joint une copie des barogrammes de St-Petersbourg, Bruxelles, Paris, Geldeston (Norfolk), Greenwich, Liverpool, Glasgow, Falmouth, Armagh, Coïmbre, Kew, Oxford, Aberdeen, Stonyhurst, Valencia (pointe S. O. d'Irlande) et Toronto (Amérique du N.), et en outre un tracé de la perturbation barométrique, très semblable à celle occasionnée par le Krakatau, qui fut observée le 15 Janvier 1864 à Liverpool, à la suite de la destruction, à 5 kilomètres de l'observatoire, du navire *Lottie Sleigh*, qui sauta avec une charge d'environ 13000 kilogrammes de poudre (**377**).

Dans la même séance, le général Strachey traita cette question et démontra que les perturbations doivent être attribuées à une grande onde aérienne, produite par une éruption du Krakatau, onde qui, d'après son calcul, aurait été émise à $9^h\,24^m$ temps local de Krakatau et se serait propagée annulairement sur toute la terre. Cette détermination de l'heure ne diffère, comme on voit, que de 36 minutes

de la nôtre, résultat assurément fort beau, car il n'est pas facile de reconnaître une certaine phase dans les différentes perturbations, et c'est sans doute à cela que tient en grande partie la différence, en partie aussi à ce que le mouvement n'avait pas toujours lieu avec une vitesse uniforme.

Le général STRACHEY calcule ensuite pour le mouvement de l'onde de l'est à l'ouest, qui causa les perturbations 1, 3, 5 et 7, une vitesse de 674 *miles* par heure, et pour le mouvement de l'ouest à l'est, auquel sont dues les perturbations 2, 4 et 6, une vitesse de 706 *miles*. La différence de 32 *miles* est attribuée, à un vent d'ouest, qui possédait une vitesse de 16 *miles*. La vitesse de l'onde reste donc un peu au-dessous de celle du son, laquelle est de 781 *miles* à 80° Fahr., de 757 *miles* à 50° Fahr. et de 723 *miles* à 0° Fahr. (Les *miles* en question sont les *statute miles*, peu connus en dehors de l'Angleterre, de 1760 *yards* = 1609.3 mètres) (**378**).

En quelques lieux la perturbation se fit encore sentir 122 heures après l'instant de sa production, de sorte que l'onde aérienne a du parcourir $3^1/_4$ fois la circonférence de la terre. La première perturbation, composée de différentes ascensions et dépressions, dura environ 6 heures; la première onde, la plus grande, avait une période d'environ 1 heure, correspondant à une longueur de 700 *miles* (plus de 1 million de mètres) (**379**).

Aux Pays-Bas, les perturbations ont été inscrites par le baromètre de l'Observatoire météorologique d'Utrecht (**379ᵃ**).

En France, elles ont été remarquées aux observatoires du Parc St-Maur et de Montsouris (Paris), à Perpignan, Lyon, Clermont, Nantes, St-Martin-de Hinx, Douai et Toulouse (**380**).

En Allemagne, on a noté les perturbations à Berlin (**381**), Magdebourg (**382**), Prague (**382ᵃ**) et Leipzig (**382ᵇ**).

Sur les perturbations en Russie, à Pavlosk, des communications ont été faites par M. RYKATCHEW (**382ᵇ**), sur celles à Rome par M. TACCHINI (**382ᶜ**), et sur celles à Palerme par M. GAETANO CACCIATORE (**382ᵈ**).

En Amérique, elles ont été observées non seulement à Toronto,

mais aussi à New-York (**383**), à Washington (**383**[a]) et à Providence R. I. (**383**[b]); de même dans l'île de la Géorgie du Sud à l'est du Cap Horn (**382** et **383**[c]).

Sur les perturbations barométriques à Maurice nous possédons des communications de M. Meldrum (**383**[d] et **383**[e]).

En Australie, les perturbations ont été inscrites à Melbourne et à Sydney (**384**); les barogrammes de la seconde localité surtout sont très clairs et très nets, et comme ils sont en outre à une échelle suffissamment grande pour permettre des mesures exactes, j'examinerai ces perturbations plus en particulier.

L'observatoire de Sydney se trouve (**385**) à:

33° 51′ 41″ Lat. S.

151° 11′ 50″ Long. E. de Gr.

Le cratère Danan de Krakatau était situé à:

6° 7′ Lat. S.

105° 26′ Long. E. de Gr.

Par conséquent, la différence entre Krakatau et Sydney est

en longitude: 151° 11′ 50″ — 105° 26′ = 45° 45′ 50″.

ou en temps: 3^h 3^m.

La distance directe de ces deux points, mesurée sur le grand cercle, est de 50° 33′ 10″ = 3033 milles marins, de sorte que la distance indirecte, en passant par l'Europe, s'élève à 360 × 60 — 3033 = 18567 milles marins (**386**).

La fig. 19 est une copie des 4 perturbations observées à Sydney.

Déjà dans la nuit du 26 au 27 Août, à minuit, la courbe commence à montrer de nombreuses petites irrégularités, qui lui donnent un aspect finement dentelé ou crenelé; vers 1 heure après midi (27 Août) ce caractère devient plus prononcé, et de 5 à 7 heures du soir, apparaît la 1ère grande perturbation; la 2e perturbation eut lieu le 28 Août, entre 6 et 8 heures du soir; la 3e le 29 Août entre 4 et 7 heures du matin; la 4e le 30 Août, entre 6 et 8 heures du matin; la 5e, qui ne se distingue plus nettement, le 30 Août, entre 2 et 8 heures du soir.

La 1e perturbation commence un peu après 5 heures par une ascension, le maximum est atteint à $5^h\ 7^m$, puis viennent 4 petites ondes, ensuite à $5^h\ 39^m$, $5^h\ 48^m$ et $5^h\ 55^m$ trois ondes plus élevées, enfin à $6^h\ 3\,^1/_2{}^m$ le maximum de la perturbation entière. Après ce maximum on voit trois ondes à $6^h\ 7^m$, $6^h\ 14^m$ et $6^h\ 21^m$, puis une forte dépression, dont le point le plus bas est atteint à $6^h\ 29\,^1/_2{}^m$. Ensuite apparaissent encore 5 ondes à $6^h\ 33^m$, $6^h\ 41\,^1/_2{}^m$, $6^h\ 49\,^1/_2{}^m$, $6^h\ 58^m$ et $7^h\ 8^m$, et finalement une dernière dépression à $7^h\ 13^m$, après quoi le baromètre reprend sa hauteur ordinaire. La courbe montre encore de nombreuses petites irrégularités jusqu'à 10 heures du soir, et même elle n'arrive pas au repos complet avant la 2e perturbation. Depuis le commencement de la perturbation jusqu'au maximum il s'écoule 63 minutes, et de là jusqu'à la fin de la perturbation 70 minutes, de sorte que le maximum se trouve à peu près au milieu. La plus forte dépression tombe *après* le maximum. En tout, cette première perturbation présente 17 ascensions et un nombre égal de dépressions, la période des ondes ne dure en moyenne que $7\,^1/_2$ minutes. La différence entre le niveau le plus élevé et le niveau le plus bas est de 0.109 *inch* = 2.76 millim.

La 2e perturbation a été occasionnée par l'onde qui arriva en Australie par l'Europe, et qui avait donc parcouru un trajet six fois plus long que l'onde venue directement de l'Ouest. Cette perturbation offre déjà un aspect tout différent; elle est moins hérissée et l'amplitude des ondes est plus faible: le maximum, qui se distingue encore assez bien, eut lieu le 28, à $7^h\ 14^m$ du soir, et paraît aussi se trouver à peu près au milieu, bien que le commencement de la perturbation ne soit pas nettement accusé. Ici encore, la dépression vient *après* le maximum. Le nombre des ondes distinctes est beaucoup moindre, de 5 ou 6.

La 3e perturbation, due à la même onde qui avait produit la 1e perturbation, et qui ensuite avait fait le tour entier de la terre, a une tout autre forme; une grande dépression se trouve au milieu, on remarque encore 17 petites ondes, mais l'onde qui correspond au maximum de la 1e perturbation ne peut plus être reconnue sûre-

ment. Elle paraît venir *après* la dépression et devoir être cherchée (de même que pour la perturbation I) dans la 9e onde, de $5^h\ 39\frac{1}{2}^m$ du matin du 29 Août, située à peu près au milieu de la perturbation, qui dura de 4 à 7 heures. Si l'on prend pour ce maximum un point situé en avant de la dépression, on arrive à des nombres très invraisemblables, comme on le verra ci-dessous.

La 4e perturbation est déjà très indistincte; le maximum paraît tomber le 30 Août, à $7^h\ 5^m$ du matin, avant la dépression.

Une 5e perturbation, enfin, le 30 Août, entre 2 et 8 heures du soir, se laisse reconnaître, mais il n'est plus possible d'y distinguer une phase déterminée. L'amplitude des ondes est très faible.

Nous avons donc:

	Heure de Sydney.	Différence des heures.	Heure de Krakatau.	Temps écoulé depuis l'éruption de 10^h du matin, le 27 Août.
Max. perturb. I.	27 Août $6^h\ 5\frac{1}{2}^m$ soir.	$3^h\ 5^m$.	27 Août $3^h\ \frac{1}{2}^m$ soir.	$5^h\ \frac{1}{2}^m$.
Max. perturb. II.	28 Août $7^h\ 14^m$ soir.	$3^h\ 3^m$.	28 Août $4^h\ 11^m$ soir.	$30^h\ 11^m$.
Max. perturb. III.	29 Août $5^h\ 39\frac{1}{2}^m$ mat.	$3^h\ 3^m$.	29 Août $2^h\ 36\frac{1}{2}^m$ mat.	$40^h\ 36\frac{1}{2}^m$.
Max. perturb. IV.	30 Août $7^h\ 5^m$ mat.	$3^h\ 3^m$.	30 Août $4^h\ 2^m$ mat.	$66^h\ 2^m$.

L'onde I qui alla directement à Sydney, avait donc une vitesse de

$$\frac{3033}{5\frac{1}{120}} = 605.59 \text{ milles marins par heure.}$$

L'onde II, qui atteignit Sydney dans la direction de l'Ouest:

$$\frac{18567}{30\frac{11}{60}} = 615.14 \text{ milles marins par heure.}$$

L'onde qui fit le tour du globe de I à III, donc de l'O. à l'E., eut besoin, pour ce trajet de

$$40^h\ 36\tfrac{1}{2}^m - 5^h\ \tfrac{1}{2}^m = 35^h\ 36^m, \text{ donc:}$$

vitesse de I à III: $\dfrac{360 \times 60}{35\frac{36}{60}} = 606.74$ milles marins par heure.

Et de II à IV:

Temps $= 66^h\ 2^m - 30^h\ 11^m = 35^h\ 51^m$.

vitesse $= \dfrac{360 \times 60}{35\frac{51}{60}} = 602.51$ milles marins par heure.

Les deux derniers nombres, qui sont indépendants de l'instant de l'éruption, s'accordent déjà assez bien avec les deux premiers, qui dépendent de l'heure que nous avons adoptée pour cette crise volcanique; les différences sont évidemment dues à l'incertitude qui existe au sujet du maximum à prendre; c'est ainsi que, dans la perturbation II, nous aurions très probablement dû choisir, non pas l'onde de $7^h\ 14^m$, mais celle de $7^h\ 30\tfrac{1}{2}^m$, ce qui donne une vitesse de 609.59 milles par heure. Le 4e chiffre change alors aussi, et devient 607.17 milles. Si nous avions toutefois pris, dans la perturbation III, l'une des ondes antérieures à la dépression, par exemple celle de $4^h\ 52^m$, nous aurions trouvé pour la vitesse de I à III 620.54 milles, nombre presque certainement fautif.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le baromètre commença déjà à accuser des irrégularités dans la nuit du 26 au 27 Août, à minuit, c'est-à-dire, en temps de Krakatau, à 9 heures du soir (26 Août); or, les ondes ayant eu besoin de 5 heures pour arriver à Sydney, on voit que dès le Dimanche 26 Août, à 4 heures du soir (temps de Krakatau), alors que les explosions devinrent nettement perceptibles à Buitenzorg et à Batavia, il fut émis des ondes qui se propagèrent jusqu'à Sydney.

Il ressort aussi, de la perturbation I, que la période des ondes particulières successives ne dura pas, en moyenne, plus de $7\tfrac{1}{2}$ minutes, ce qui correspond à une longueur d'environ 140000 mètres. A mesure que les ondes progressent, leur amplitude diminue jusqu'à 90° de Krakatau, elles s'aplatissent, et différentes ondes et ondulations

se fondent pour ainsi dire, dans les barogrammes, en une onde unique, de période très longue. C'est à cela qu'il faut attribuer la circonstance que les ondes des barogrammes d'Europe ont en apparence une période de 1 heure, par conséquent une longueur de plus de 1 million de mètres. En des lieux plus rapprochés de Krakatau que Sydney, la période des ondes était vraisemblablement encore beaucoup moindre que dans cette dernière localité; mais nous ne possédons pas d'observations à ce sujet. L'ascension et l'abaissement de l'indicateur de l'usine à gaz de Batavia, lors de la grande explosion, dura 15 minutes, mais il n'est pas probable que ce temps concorde avec la période de l'onde.

Enfin, le remarquable accord des différentes valeurs trouvées montre que la production de l'onde, à Krakatau, a réellement eu lieu à un moment très voisin de 10^h du matin. *Les barogrammes de Sydney viennent donc confirmer notre détermination, au moyen de l'indicateur à gaz, du temps de la grande explosion.*

Cette détermination du temps est toutefois affectée, on se le rappellera, d'une incertitude de quelques minutes. Nous avons supposé $7\,^1/_5$ minutes pour la propagation de l'onde de Krakatau à Batavia, $2\,^4/_5$ minutes pour l'inertie inconnue de l'indicateur et 5 minutes (au lieu de $5\,^1/_3{}^m$) pour la différence de temps entre Batavia et Krakatau, au total 15 minutes. La vitesse de l'onde était toutefois plus petite; dans la direction de Krakatau vers l'Est elle était, d'après le calcul donné plus haut, de 609.65 milles marins par heure, ou de 10.161 milles par minute; les 81 milles de distance entre Krakatau, et l'usine à gaz de Batavia furent donc parcourus en $\frac{81}{10.161} = 8$ minutes. En ayant égard, de plus, à la valeur exacte de la différence de temps, on voit qu'en réalité nous avons compté, pour l'inertie de l'appareil, non pas $2\,^4/_5$ minutes, mais seulement $1\,^2/_3{}^m$, car $8 + 5\,^1/_3 + 1\,^2/_3 = 15$ minutes. L'heure admise pour l'explosion, $10^h\ 0^m$, ne peut donc être en erreur, du fait de l'inertie, que de $1\,^2/_3$ minutes au plus, c'est-à-dire: l'explosion peut avoir eu lieu à $10^h\ 1^m$ ou, au plus tard, à $10^h\ 1\,^2/_3{}^m$.

Il faut chercher maintenant quelles modifications ces temps d'explosion apportent à nos chiffres pour la vitesse de l'onde passant par Sydney. Nous devons calculer aussi les vitesses qui correspondraient à $10^h\ 2^m$ et à $10^h\ 3^m$, car il est possible qu'une petite erreur ait été commise dans la mesure du temps sur les diagrammes de l'indicateur, ou que les lignes horaires n'aient pas représenté rigoureusement le temps moyen de Batavia. Une heure occupe sur le diagramme de la pression une longueur d'un peu plus de 16 millimètres, 1 minute n'occupe donc que $^1/_4$ de millim., de sorte qu'une erreur de 1 minute dans la détermination de l'heure du maximum serait très explicable.

En effectuant ces calculs, de la même manière que nous l'avons fait ci-dessus pour $10^h\ 0^m$, on trouve, pour les heures d'explosion indiquées, les vitesses suivantes:

Heure de l'explosion.	I.	II.	III.	IV.
$10^h\ 0^m$	605.59	609.59 (1)	606.74	607.17
$10^h\ 1^m$	607.61	609.92	606.74	607.17
$10^h\ 1^2/_3{}^m$	608.97	610.14	606.74	607.17
$10^h\ 2^m$	609.65	610.25	606.74	607.17
$10^h\ 2^1/_2{}^m$	610.67	610.42	606.74	607.17
$10^h\ 3^m$	611.70	610.59	606.74	607.17

Les chiffres III et IV naturellement ne changent pas, car ils sont indépendants de l'heure de l'explosion. Ces deux chiffres ne diffèrent que de 0.43, de sorte que *l'influence d'une direction déterminée du vent y est insensible;* nous pouvons donc admettre qu'à l'origine aussi les vitesses dans les deux directions étaient déjà à peu près égales, et qu'elles ont subi la même perte dans la propagation ultérieure autour du globe.

(1) Pour le calcul de ce chiffre et des suivants nous avons toujours employé l'onde de $7^h\ 30^1/_2{}^m$.

Pour l'heure $10^h\ 0^m$, le chiffre I est plus petit que III, et comme il est très improbable que la vitesse du mouvement augmente, cette heure doit être rejetée. Parmi les suivantes, $10^h\ 2^m$ mérite la préférence, ainsi que le montre immédiatement un coup d'oeil sur les chiffres. Pour cette heure, la différence de vitesse entre II et I est + 0.60, entre IV et III + 0.43, donc dans les deux cas très petite et à peu près la même. Dans le parcours autour de la terre, la vitesse du mouvement a alors perdu de l'Ouest à l'Est (I—III) 2.91 milles, de l'Est à l'Ouest (II—IV), 3.08 milles, en moyenne 3 milles par heure. Aucun des autres chiffres ne satisfait aussi bien à la double condition que les vitesses soient à peu près égales dans les deux directions et que le décroissement de la vitesse soit le même.

J'adopte donc $\mathbf{10^h\ 2^m}$*, temps de Krakatau, comme l'instant le plus probable de la grande explosion.*

En conséquence, pour trouver l'heure en temps de Krakatau des autres explosions, on doit retrancher 13 minutes des heures (temps de Batavia) données p. 368. Les 4 plus grandes éruptions ont donc eu lieu le 27 Août, à $5^h\ 30^m$, $6^h\ 44^m$, $10^h\ 2^m$, et $10^h\ 52^m$ du matin, temps de Krakatau.

Dans les deux tableaux ci-dessous j'ai réuni les valeurs définitives de la vitesse de l'onde aérienne, telles qu'elles résultent de l'adoption de $10^h\ 2^m$ pour l'heure de l'explosion; dans le premier tableau elles sont exprimées en milles marins par heure, dans le second en mètres par seconde; j'y ai joint les vitesses moyennes et, en outre, la vitesse moyenne que le mouvement a possédée s'il a eu lieu, non pas, comme nous l'avons supposé jusqu'ici, à la surface même de la terre, mais à 10 kilomètres plus haut. Le chemin parcouru et par conséquent aussi la vitesse sont alors augmentés dans le rapport de $\frac{R + 10 \text{ kil.}}{R}$, c'est-à-dire R étant le rayon de la terre, égal à 6370 kilomètres, dans le rapport de $\frac{6380}{6370}$; la vitesse ne s'en trouve que très légèrement modifiée.

Mouvement.	Vitesse en milles marins par heure.	Moyennes.	Moyenne générale.
Krak.— I. O.—E.	609.65	609.95 dépendante de l'heure de l'explosion.	608.45
Krak.— II. E.—O.	610.25		
I—III. O.—E.	606.74	606.95 indépendante de l'heure de l'explosion.	
II—IV. E.—O.	607.17		

Mouvement.	Vitesse en mètres par seconde.	Moyennes.	Moyenne générale.	Vitesse à 10 kil. au-dessus de la surface de la terre.
Krak.- I. O.-E.	314.16 (387)	314.31 dépendante de l'heure de l'explosion.	313.54	314.0
Krak.- II. E.-O.	314.47			
I-III. O.-E.	312.66	312.77 indépendante de l'heure de l'explosion.		
II-IV. E.-O.	312.88			

La vitesse de l'onde aérienne est donc d'environ $^1/_{17}$ plus petite que celle du son à 0° Cels., ou égale à la vitesse du son à — 30° Cels., puisque

$$313.5 = 332.3 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} = 332.3 \sqrt{1 - \frac{30}{273}}.$$

Dans son second voyage autour du monde, l'onde n'a éprouvé, comme on l'a vu, qu'une diminution de vitesse de 3 milles par heure, c'est-à-dire, pas même de $^1/_2$%. Cette perte très faible me paraît indiquer que le mouvement ne s'est pas opéré à la surface

de la terre, — car alors il aurait certainement été troublé beaucoup plus, tant par l'obstacle des hautes montagnes situées sur son passage, que par toutes sortes de courants atmosphériques, — mais à une hauteur considérable au-dessus du sol.

Une seconde preuve de ce fait se trouve dans la vitesse elle-même, qui est notablement moindre que la vitesse du son à 0° Cels., et rend donc probable que le mouvement a eu lieu à une température très basse, par conséquent dans les couches élevées et froides de l'atmosphère. A la vérité, il n'est pas encore *démontré* que des ondes aériennes aussi démesurément longues doivent posséder exactement la même vitesse que les ondes sonores, beaucoup plus courtes; mais le peu que nous savons, par les expériences de REGNAULT (**387***), sur la vitesse des tons bas et hauts, paraît indiquer que les premiers se propagent un peu plus rapidement que les seconds, que les ondes longues possèdent donc une vitesse un peu plus grande que les ondes courtes, bien que la différence soit très faible. En aucun cas, d'après ces expériences, nous ne pouvons attribuer à nos longues ondes du Krakatău une vitesse *moindre* que celle du son.

Si nous admettons, en conséquence, qui nos ondes aériennes se transmettaient tout juste avec la même vitesse que le son, le mouvement doit avoir eu lieu, comme nous l'avons énoncée plus haut, à — 30° Cels. (Cela suppose que la vitesse du son à 0° Cels. s'élève à 332.3 mètres; REGNAULT, pour le bruit du canon tiré à l'air libre, trouva la vitesse un peu plus petite, savoir de 330.7 mètres à 0° Cels.; une vitesse de 313.5 mètres correspondrait alors à une température de — 27°.7 Cels.).

La hauteur à laquelle règne en moyenne une température de — 30° Cels. ne saurait être donnée exactement, parce que le décroissement de la température, à mesure qu'on s'élève au-dessus de la surface de la terre, ne peut suivre une loi régulière. Les courants atmosphériques continuels, les masses de nuages et de brouillards, l'humidité variable de l'air, toutes ces circonstances exercent une influence perturbatrice; et effectivement, les observations faites en Suisse et pendant les ascensions en ballon ont montré que l'accrois-

sement d'altitude, pour lequel la température baisse de 1° Cels, varie beaucoup. Sur les montagnes de l'Amérique du Sud, près de l'équateur, Humboldt a trouvé une difference de 20° Réaumur pour une différence d'altitude de 15000 pieds de Paris, par conséquent en moyenne 1° R. pour 750 pieds, ou environ 1° Cels. pour 200 mètres (**387b**).

D'après ce chiffre, si nous supposons que la température moyenne à la surface soit de + 20° Cels., la température de — 30° Cels. se trouverait à une hauteur de 50 × 200 = 10000 mètres, ou à 10 kilomètres au-dessus de la surface de la terre.

M. James Glaisher observa, le 5 Septembre 1862, à 8000 mètres d'altitude une température de — 19° Cels., à 11000 mètres — 24° Cels., de sorte que la température de — 30° Cels. n'aurait vraisemblablement été atteinte qu'à la hauteur d'environ 15000 mètres (**387c**).

De ces chiffres très discordants nous pouvons seulement conclure, avec beaucoup de probabilité, que le mouvement de l'onde aérienne du Krakatau a eu lieu à une altitude d'au moins 10 kilomètres, et qu'il s'est propagé avec la vitesse du son.

A cette altitude règne une pression d'environ 220 millimètres de mercure, qui n'est que la fraction 0.29 de la pression atmosphérique au niveau de la mer. Cette circonstance ne peut toutefois avoir eu de l'influence sur la propagation de l'onde aérienne, car, suivant la théorie, la vitesse doit être indépendante de la pression de l'air, et, pour le son, ce résultat a été confirmé expérimentalement de différentes manières (**387d**).

Une comparaison attentive de tous les barogrammes devra décider jusqu'à quel point les ondes aériennes, qui se propagèrent dans différentes directions autour de la surface terrestre, s'accordaient en vitesse avec celle de Sydney. Le mémoire de M. Rykatchew (**388b**) nous apprend que la vitesse moyenne vers Pavlovsk était de 310.1 mètres par seconde, et pour la moyenne de 17 stations européennes l'auteur trouve 309.7 mètres; les valeurs relatives à quelques-unes de ces stations s'écartent beaucoup toutefois, de la moyenne, et ordinairement il existe aussi une grande différence entre la vitesse

E.—O. et la vitesse O.—E. Pour l'heure de l'explosion, M. Rykatchew obtient, par des méthodes différentes, 9h 23m et 10h 39m, résultats qui présentent tous les deux une erreur d'environ 1/2 heure, due probablement, en majeure partie, à la circonstance que le mouvement de l'onde ne s'opérait pas toujours avec la même vitesse.

Le mouvement paraît aussi se faire plus lentement au-dessus de la mer qu'au-dessus de la terre. Ainsi, par exemple, l'onde qui alla à Moltkehafen, dans l'île de la Géorgie du Sud et qui dut exécuter tout le trajet par mer, arriva en ce point, d'après une copie des barogrammes, que M. Neumayer, de Hambourg, a eu la bonté de de m'envoyer, le 27 Août à midi 20m (temps local). La différence de temps étant de 9h 26m, cet instant correspond à 9h 46m du soir, temps de Krakatau. Pour parcourir ce trajet, long de 6685 milles marins, l'onde avait donc eu besoin de $9^h\ 46^m + 12^h - 10^h\ 2^m = 11^h\ 44^m$, ce qui suppose une vitesse de $\frac{6685}{11\frac{44}{60}} = 569.74$ milles par heure, notablement moindre que la vitesse trouvé pour Sydney. On serait par suite tenté d'attribuer la perturbation à l'explosion de 10h 52m, auquel cas le temps employé deviendrait $9^h\ 46^m + 12^h - 10^h\ 52^m = 10^h\ 54^m$ et la vitesse $\frac{6685}{10\frac{54}{60}} = 613.30$ milles par heure, c'est-à-dire de très peu supérieure à la vitesse pour Sydney. Mais il est difficile d'admettre que le baromètre de Moltkehafen eût seulement enregistré l'explosion de 10h 52m, sans marquer trace de l'éruption beaucoup plus violente de 10h 2m. La 2e perturbation n'est pas distincte dans les barogrammes; la 3e présente 2 maxima, un le 28 Août à 9h 55m du soir, un autre à minuit. Avec le premier maximum, l'intervalle de temps écoulé entre la 1e et la 3e perturbation, donc pour le parcours de la circonférence entière du globe, serait de 33h 35m, avec le second maximum il serait de 35h 40m. Cette dernière valeur s'accorde très bien avec le chiffre que nous avons obtenu pour Sydney, mais les barogrammes de Moltkehafen ne permettent pas d'affirmer que la seconde phase, de minuit, corresponde réellement à celle de 12h 20m de la première perturbation.

La vitesse relativement faible entre Krakatau et la Géorgie du Sud ne doit pas être attribuée, je crois, à ce que l'onde aérienne cheminait par mer, — ce qui ne saurait guère avoir eu d'influence, puisque le mouvement se faisait à une grande hauteur au-dessus de la surface, — mais probablement à la température très basse qu'elle rencontra sur cette route. La vitesse trouvée, 569.74 milles par heure, ou 293.6 mètres par seconde, est égale à celle du son à — 60° Cels., ce qui indiquerait, dans les couches d'air où marchait l'onde allant à la Georgie du Sud, une températeure inférieure de 30° Cels. à celle des couches qui étaient le siége du mouvement dirigé vers Sydney.

Des barogrammes de l'île Maurice il résulte, suivant M. Meldrum (**382***), que les maxima des sept perturbations eurent lieu aux heures suivantes: 27 Août, 12^h 6^m du soir; 28 Août, 2^h 20^m du soir et 10^h 40^m du soir; 30 Août, 1^h 35^m du matin et 9^h 17^m du matin; 31 Août, 1^h 48^m du soir et 8^h 0^m du soir. On déduit de là, pour les temps que l'onde mit à faire une fois le tour du globe:

de I— III 34^h 34^m.	de II—IV 35^h 15^m.
de III— V 34^h 37^m.	de IV—VI 36^h 13^m.
de V—VII 34^h 43^m.	
En moyenne, de l'E. à l'O., 34^h 38^m.	En moyenne, de l'O. à l'E., 35^h 44^m.

Il y a donc ici une grande différence de vitesse entre le mouvement de l'E. à l'O. et celui de l'O. à l'E.; en outre, les deux chiffres pour le mouvement de II—IV et de IV—VI s'accordent très mal entre eux; enfin, l'instant de la première perturbation (27 Août, 12^h 6^m du soir) ne se laisse pas concilier avec l'heure de l'explosion, 10^h 2^m, lorsqu'on exécute le calcul avec la vitesse que l'onde avait de I—III. On inclinerait peut-être à mettre en partie ces irrégularités sur le compte d'un défaut de sensibilité du barographe; mais telle ne saurait être la cause, puisque l'instrument marqua même — quoique faiblement — une 8e perturbation, le 2 Septembre, entre 7 et 9 heures du matin. Un examen détaillé de toutes les perturbations barométriques notées sur la terre entière, aprés l'éruption du [illegible]au, pourra seul donner les éclaircissements nécessaires. En

attendant, les irrégularités de la plupart des barogrammes rendent déjà très probable que le mouvement ne se faisait pas toujours avec une vitesse uniforme. Immédiatement après la violente explosion, au voisinage de Krakatau, cette absence d'uniformité se conçoit aisement; mais, ailleurs aussi, par des vents locaux, la vitesse peut avoir été augmentée ou diminuée en différents points, ce qui doit nécessairement conduire à un chiffre fautif dans le calcul de l'heure de l'explosion au moyen des barogrammes.

Une autre source d'erreurs peut se trouver dans l'insuffisance de sensibilité des barographes; la plupart des barogrammes sont aussi à trop petite échelle pour permettre des mesures tant soit peu exactes; enfin, pour les observations de ce genre, les seules indications vraiment utiles sont celles des barographes qui inscrivent la pression sans interruption aucune, comme courbe continue. Les instruments qui ne donnent l'état barométrique que toutes les 10 ou 5 minutes laissent subsister une incertitude de plusieurs minutes quant à l'instant d'un maximum ou d'un minimum.

Ces diverses causes ne suffisent toutefois pas pour expliquer les très notables différences de vitesse que l'onde aérienne présenta dans certaines directions, entre autres, vers Sydney et vers la Géorgie du Sud. La vitesse vers Toronto est également très différente de celle des stations européennes, mais il m'a été impossible, sur les très petits barogrammes publiés, de reconnaître sûrement les phases correspondantes des quatre perturbations, et d'en déduire les vitesses. Si l'on prend pour ces phases les mêmes temps que le général Strachey (*Nature* N°. 738), on trouve pour les vitesses:

De Kr.— I. O.—E. 613.3 milles marins,
De Kr.— II. E.—O. 589.4 » »
De I—III. O.—E. 564.7 » »
De II—IV. E.—O. 594.5 » »

chiffres dont les grandes inégalités rendent douteux que les 4 vrais maxima des perturbations aient été choisis. Néanmoins, abstraction faite du premier chiffre, qui très probablement est trop fort, les autres, quoique plus ou moins erronés, montrent suffisamment que

toutes les vitesses sont notablement inférieures à la vitesse moyenne pour les stations européennes et pour Sydney, tandis qu'elles se rapprochent plus de la valeur trouvée pour la Géorgie du Sud.

Or, les deux grands cercles de Krakatau à la Géorgie du Sud et à Toronto étant précisément ceux qui passent près des pôles, il est permis d'en conclure que les ondes aériennes se mouvaient plus lentement au-dessus de ces pôles que dans les autres directions, et que leur vitesse moindre doit être attribuée à la température très basse des couches d'air, qu'elles y traversaient.

La différence de vitesse des ondes aériennes, dans des directions différentes, ne semble donc due que pour une petite partie aux causes mentionnées plus haut; il est probable qu'elle dépend essentiellement des inégalités de la *température* des couches élevées de l'atmosphère, au-dessus de différentes régions de notre globe.

L'onde, qui suivant notre calcul avait besoin en moyenne de $35^h 30^m$ pour parcourir la circonférence de la terre (vitesse = 608.45 milles), doit être revenue à Batavia aux instants suivants:

1er retour,	28 Août,	$9^h 45^m$ du soir.	*Temps de Batavia.*	
2e »	30 Août,	$9^h 15^m$ du mat.	» » »	
3e »	31 Août,	$8^h 45^m$ du soir.	» » »	
4e »	2 Sept.,	$8^h 15^m$ du mat.	» » »	(1).

Ce sont là les heures d'arrivée de l'onde qui se propageait de l'O. à l'E. L'onde qui allait à Batavia de l'E. à l'O. doit y être arrivée chaque fois 16 minutes avant les heures indiquées.

Le diagramme de la pression de l'usine à gaz du 27 au 28 Août, fig. 16, présente, le matin du 28, quelques oscillations, qui proba-

(1) Si l'on admet qu'à chaque nouveau trajet autour de la terre la vitesse de l'onde diminuait de 3 milles par heure, comme nous l'avons trouvé ci-dessus pour le premier trajet entier, la circonférence de la terre aurait été parcourue avec les vitesses 606.95, 603.95, 600.95 et 597.95, en $35^h 35^m$, $35^h 46^m$, $35^h 57^m$ et $36^h 7^m$, et l'onde serait revenue à Batavia le 28 Août à $9^h 50^m$ du soir, le 30 Août à $9^h 36^m$ du matin, le 31 Août à $^h 33^m$ du soir et le 2 Septembre à $9^h 40^m$ du matin.

blement ne doivent être attribuées qu'à des variations de la pression dans l'usine même.

Le tracé du 28 au 29 Août ne montre, le soir, rien de particulier; le premier retour de l'onde, à $9^h\ 45^m$, ne fut pas inscrit, parce qu'à ce moment la pression intérieure était forte, de même qu'elle l'avait été le 26 au soir. Le tracé du 29 au 30 Août a malheureusement disparu, et jusqu'à présent, bien que j'aie fait mettre une annonce à ce sujet dans les journaux de Batavia, il n'est pas retrouvé.

Le diagramme du 30 au 31 Août n'est reproduit ici, fig. 17, que comme tracé normal, propre à servir de terme de comparaison pour celui du 27 Août.

La feuille du 31 Août au 1er Septembre est de nouveau perdue. Le tracé du 1er au 2 Septembre, fig. 18, enfin, n'offre à $8^h\ 15^m$ du matin du 2 Septembre, rien d'anormal; la petite perturbation qui se remarque à 6 heures du matin est indubitablement due au travail même de l'usine, par exemple, à ce que le régulateur était chargé ou déchargé de poids, à ce que la pression du gaz augmentait, etc.

Sur le retour des ondes à Batavia, les diagrammes conservés ne nous apprennent donc rien.

E. EFFONDREMENTS DE MONTAGNES, ETC.

Pendant l'éruption, quelques parties de l'écorce terrestre solide ont éprouvé des mouvements considérables, qui toutefois sont restés limités aux alentours immédiats du cratère.

Nulle part on n'a pu découvrir la moindre trace de soulèvements, ni du fond de la mer, ni de la côte. Dans le Bantam et dans les districts de Lampong, après la dévastation, les parties non détruites des chemins de gravier établis le long du rivage se trouvaient partout à la même hauteur au-dessus de la mer que précédemment.

Les sondages exécutés dans le détroit de la Sonde ont montré que jusqu'à une certaine distance de Krakatau le fond de la mer n'a pas non plus subi de changement de niveau, et que la diminution de

profondeur à proximité de Krakatau et entre Krakatau et Sebesi ne doit probablement être attribuée qu'aux matières tombées dans ces parages.

J'ai mis le plus grand soin à rechercher si, dans les îles nouvellement formées de Calmeyer et de Steers, il existait quelque indice de cratère ou de lave cohérente. A priori, en effet, il était très possible que durant la période d'activité du Krakatau il se fût produit latéralement une nouvelle ouverture, et qu'une éruption sous-marine de matières meubles ou de lave massive eût eu lieu, de même que cela a été le cas lors de la formation de Nyöe (Nouvelle-île) au S. O. de l'Islande en 1783, de l'île Sabrina aux Açores en 1811, de l'île Julia (Graham-island) au S. O. de la Sicile en 1831, des îles Kaimeni du groupe de Santorin dans les années 46, 1573, 1650, 1707 et 1866 (**388** et **389**), de l'île Bogosloff aux Aléoutes en 1795 et 1796, d'une nouvelle île à $^{1}/_{2}$ mille au N. N. O. de Bogosloff, et d'une autre près de l'île Augustin ou Chernaboura (Alaska) en 1883 (**390**).

Je n'ai rien découvert toutefois qui puisse faire soupçonner que l'activité volcanique se soit manifestée en quelque point en dehors du Krakatau lui-même. Les îles Steers et Calmeyer consistent en couches horizontales, et non inclinées, de cendre, de sable et de petits fragments de ponce; ce sont, comme le montrent les cotes de profondeur de la nouvelle carte marine, non pas des cônes se dressant en pentes abruptes au-dessus de la mer, mais simplement les parties les plus élevées, dépassant le niveau de l'eau, d'un grand amas de déjections, qui à partir des susdites îles s'étend à l'ouest puis au sud, en formant une ceinture autour du Krakatau. A Calmeyer on voit plusieurs puits en entonnoir, qui résultent d'un affaissement local de la cendre primitivement humide; le fond de ces puits est ordinairement au niveau de la mer, quelques-uns sont situés en ligne droite les uns derrière les autres et par de nouveaux affaissements donnent naissance à une crevasse, que les affouillements de l'eau de mer ne tardent pas à creuser davantage. Il n'y a aucun doute que bientôt les deux îles n'aient totalement disparu, et que la partie du

banc recouverte par l'eau ne soit également entraînée peu à peu, car la masse entière — dont bien entendu je n'ai pu examiner ces assises inférieures — est probablement composée de produits éruptifs meubles. Il se peut donc qu'avec le temps la mer entre Sebesi et Krakatau regagne à peu près sa profondeur antérieure et redevienne propre à la navigation.

Lors de ma seconde et de ma troisième visite à Krakatau, en Août et Septembre 1884, l'île Steers se voyait encore à l'état de banc de sable très bas, sur lequel la mer brisait beaucoup. De Calmeyer on n'apercevait plus rien au-dessus de la surface de l'eau, bien que le steamer passât au Sud et très près de l'endroit où l'île se trouvait précédemment.

Un changement durable s'est toutefois produit entre Verlaten-eiland, Lang-eiland et la partie sud de Krakatau (voir les cartes fig. 1, 2 et 4). La partie nord de cette dernière île, qui s'étendait autrefois depuis le Pic jusque tout près de Verlaten-eiland, et qui comprenait les cratères Perboewatan et Danan, ainsi que la partie septentrionale du Pic, est entiérement disparue. A la place qu'occupait l'île il y a maintenant une mer profonde, où la sonde descend généralement à 100 ou 200 mètres, et même en quelques points, à plus de 300 mètres. Le commandant de l'*Hydrograaf* rapporte qu'en différents points on ne pouvait toucher le fond même avec des lignes de 200 brasses (360 mètres) (**391**).

En dehors de la partie disparue, mais entre les trois îles, on trouve également des profondeurs considérables, à l'ouest de 144, 172 et 250 mètres, et, au nord une profondeur de 108 mètres; il y a donc eu abaissement, non-seulement d'une partie de Krakatau, mais aussi du fond de la mer circonvoisine.

La partie disparue de Krakatau doit, ou bien avoir été projetée dans l'air, ou bien s'être effondrée. J'avouerai que la seconde hypothèse me paraît seule probable et possible. D'abord, parmi les déjections accumulées à l'extrémité ouest de Krakatau, on trouve *très rarement* un fragment de basalte, un peu plus souvent des débris d'andésite à éclat résineux, bien que ceux-là aussi soient relativement rares. Or,

si le pic avait été lancé dans l'air, on devrait indubitablement rencontrer beaucoup plus de basalte, puisque le pic est formé de cette roche. Ensuite, il est très improbable qu'une étendue de terrain presque exactement circulaire de 3400 mètres de rayon, donc de 36 kilomètres carrés de superficie, ait sauté tout à coup. En outre, la mer n'est pas seulement devenue très profonde entre les îles, mais aussi *à l'est* de Krakatau. De la carte fig. 2, où j'ai réuni toutes les cotes de sondage, anciennes et récentes, ressort que la profondeur y était autrefois de 50 à 70 mètres, maintenant, dans la plupart des points, de 80 à 100 mètres, et même plus. Sur cette carte, l'espace triangulaire, à l'intérieur duquel les profondeurs ont augmenté, a été représenté aussi petit que possible; probablement il s'étend encore un peu plus à l'est, mais les sondages anciens et nouveaux sont ici trop peu nombreux, pour qu'on puisse rien affirmer.

Cet espace triangulaire aurait donc également dû sauter! La forme aussi bien que l'étendue de ces espaces s'oppose à l'admission d'une pareille hypothèse.

Jadis on a aussi voulu rapporter à des projections l'origine des lacs (*Maare*) de l'Eifel, mais, après les recherches de VOGELSANG (**392**), la théorie des »cratères d'explosion" doit être regardée comme très improbable.

En outre, les dimensions de ces cratères de l'Eifel sont beaucoup plus faibles que celles du Krakatau. La crête qui forme l'enceinte du »Laachersee", le plus grand des *Maare* de l'Eifel, a un diamètre moyen de $3\frac{1}{2}$ kilomètres; l'aire de l'espace cratériforme bordé par cette crête est donc 4 fois plus petite que dans notre volcan.

Les effondrements, au contraire, sont des phénomènes auxquels on doit s'attendre dans tous les terrains volcaniques. La lave, en s'élevant dans la cheminée du cratère, remet partiellement en fusion la paroi interne du manteau volcanique, lequel, après le retrait de la lave, ne forme plus qu'une coque vide, susceptible d'être brisée aisément, comme M. v. HOCHSTETTER l'a observé dans ses petits volcans de soufre (**393**).

On peut se figurer ainsi que la partie A du grand volcan ancien

(fig. 35) fut liquéfiée au contact de la lave poussée de plus en plus haut par la pression intérieure, et qu'ensuite, la lave étant retombée, eut lieu le premier grand effondrement, qui ne laissa subsister que les quatre débris de l'enceinte, Lang-eiland, Poolsche Hoed, Verlaten-eiland et la base du Pic (fig. 34). Entre Verlaten-eiland et Lang-eiland, la faible profondeur (7 mètres) indique aussi la présence de l'enceinte, à peu de distance au-dessous de la surface de l'eau (voir la petite carte fig. 43). La lave se solidifia sous la mer, non-seulement dans la cheminée du volcan, mais aussi en dehors, et elle constitua ainsi l'assise sur laquelle s'éleva plus tard une partie du pic (fig. 34).

Les matières rejetées par le Danan et le Perboewatan, cratères formées encore plus tard, se déposèrent également sur cette ancienne assise de lave, laquelle ou bien fut rompue quelque part par des matières fondues, ou bien fut elle-même partiellement remise en fusion par la lave liquide qui circulait dans ses fentes et ses crevasses.

Pendant la longue période d'activité de 1883, la lave dans l'ancien cratère paraît avoir été peu à peu ramollie, par refonte totale ou partielle, sur toute son étendue, et c'est ainsi que s'effondra finalement tout ce qui reposait sur ce sol primitif. Dans cette catastrophe disparurent non-seulement les cratères Perboewatan et Danan, mais aussi la partie septentrionale du pic, tandis que la partie méridionale du pic, édifiée sur les bancs de la lave ancienne, resta debout. (Voir les figures 36 et 37).

Avant que l'effondrement se produisit, l'eau de mer paraît déjà avoir trouvé accès jusqu'à la lave; il est probable que les deux évènements eurent lieu à très court intervalle, sinon *simultanément*. La chute de la partie massive du pic détermina dans l'eau un mouvement violent, dont la formation d'une grande onde fut le résultat.

Par l'arrivée de l'eau à la surface de la lave et par l'effondrement subséquent, ainsi que par la formation d'une épaisse croûte sur la masse fondue, la pression exercée sur la colonne de lave augmenta considérablement, quoique pour un instant seulement. Bientôt, avec une force qui surpasse de *beaucoup* celle de toutes les explosions

antérieures, la partie centrale de la lave en B (fig. 37) fut éjaculée, mais mêlée d'eau de mer et formant avec elle une boue, qui alla retomber jusqu'à 100 kilomètres tout autour du cratère. Après ce moment, il y eut encore quelques explosions moins fortes, puis, pour cette fois, l'action volcanique prit fin.

La lave, maintenant chargée de fragments des massifs écroulés, se retira dans les profondeurs, ainsi que l'indique la fig. 37.

Il est très possible que plus tard, à la suite d'un retour d'activité, de nouvelles îles surgiront peu à peu dans l'espace aujourd'hui effondré. Quelques sondages, répétés de temps en temps, seront nécessaires pour constater ce phénomène dès ses débuts.

Le changement subi par le Krakatau fut remarqué dès le 28 Août, tant à bord du *G.-G. Loudon*, qu'à bord du *Berbice* (voir Chap. III); l'effondrement a donc eu lieu indubitablement le 27 Août, et, selon toute probabilité vers 10 heures, au moment de l'explosion la plus violente, ou un peu avant.

Plus loin, en traitant du mouvement de l'onde liquide, nous déterminerons cette heure d'une manière plus exacte.

Le centre de la surface presque circulaire qui s'est effondrée se trouve près du point qu'occupait le cratère du Danan, ce qui tend à faire regarder ce point comme le centre d'activité principal dans l'éruption du 27 Août. L'affaissement constaté à l'*est* de Krakatau porte à croire qu'il existait ici, sous le fond de la mer, une capacité probablement remplie, en tout ou en partie de lave, et communiquant avec l'espace à lave situé au-dessous de Krakatau. Cet émissaire oriental peut être considéré comme le commencement du grand espace à lave qui s'étend vraisemblablement sous l'île de Java tout entière.

Il paraît que le sommet le plus élevé de Krakatau a été épargné et que la coupure de l'effondrement passe précisément par ce point. D'après notre mesure, le sommet a une altitude de 832 mètres; l'ancienne carte marine ne donne que 822 mètres, ce qui ne saurait être exact, car en tout cas le sommet n'a pas gagné en hauteur, les produits éruptifs de 1883 n'y formant qu'une couche très mince.

Le pic doit avoir eu autrefois une base presque circulaire, d'un

rayon de 2080 mètres (voir fig. 2). La partie disparue de ce seul cône, comptée à partir du niveau de la mer, mesurait environ 1 kilomètre cube (**394**). Quant au volume de la partie de Krakatau située au nord du pic, on ne peut l'évaluer; outre que le relief de cette partie n'était pas exactement connu, le terrain entourant le grand cratère avait peut-être été évidé intérieurement par voie de liquéfaction, de sorte que le sol n'était plus massif, ni au-dessus, ni au-dessous du niveau de la mer.

L'espace, de forme presque circulaire, qui s'est effondré entre les 3 îles, a une superficie de 41 kilomètres carrés, et la partie triangulaire, située à l'est, en mesure 34, ce qui donne un total de 75 kilomètres carrés. Je dois faire observer ici que les limites assignées à l'affaissement sur les cartes fig. 1, 2 et 4 demandent, à la suite de ma récente exploration à Verlaten-eiland, en Août 1884, une petite rectification, comme on le reconnaît en comparant les cartes fig. 2 et fig. 43; sur cette dernière carte l'effondrement est représenté d'une manière plus exacte que sur les autres, dressées antérieurement.

La superficie des îles, à l'état antérieur et à l'état actuel, est donnée dans le tableau qu'on trouvera ci-dessous. Le contour de Krakatau a été pris d'après la carte de Richards, de 1854 (voir p. 5). L'agrandissement des îles est dû à des produits éruptifs meubles, qui se sont déposés à leur périphérie. Verlaten-eiland et Lang-eiland ont aussi gagné un peu en hauteur, par un épais revêtement de sable ponceux. Comme l'accroissement consiste entièrement en matières meubles, il est à prévoir que dans les premières années à venir les îles du groupe de Krakatau changeront plus ou moins de forme et perdront de leurs dimensions, jusqu'à ce qu'elles soient revenues à leurs anciens contours.

L'ilôt Poolsche Hoed, qui faisait partie de l'ancienne enceinte volcanique, s'est également effondré; mais, par contre, en deux autres points de la mer profonde qui s'étend au nord de l'île actuelle de Krakatau, de nouvelles îles se sont formées. La première, qui consiste à la surface en sable meuble, est situé à l'Est de Verlaten-eiland; l'affaissement a été ici peu considérable, car un sondage entre ce

point et Verlaten-eiland ne donne qu'une profondeur de 13 mètres. Sous ce banc de sable il existe donc probablement une partie restée debout de l'Ancienne-île-Krakatau, partie sur laquelle sont tombées les matières meubles dont l'assise supérieure forme l'île nouvelle. En Octobre 1883, ainsi qu'en Septembre 1884, cette île dépassait à peine de $^1/_2$ mètre la surface de la mer; bientôt, sans doute, les vagues l'auront balayée. Un second reste de l'Ancienne-île-Krakatau, désigné sur la carte sous le nom de »*rots*" (rocher), se trouve entre le cratère disparu Danan et Lang-eiland. Au mois d'Octobre 1883, la forte houle ne m'avait pas permis de visiter ce rocher, mais en Août 1884 je réussis à y aborder; le rocher, qui s'élève 5 mètres au-dessus du niveau de la mer, consiste en une lave andésitique, divisée en plaques parallèles, qui plongent à l'Ouest sous un angle de 60° à 70°. Comme des plaques de lave ne peuvent s'être déposées originairement sous une aussi forte inclinaison, le »rocher" se reconnaît à cela même, pour un fragment dérangé de sa position primitive, un débris du Danan.

A l'exception de ces deux points, la mer est partout très profonde; nulle part n'y surgissent des écueils, et les navires à vapeur venant d'Europe peuvent dorénavant, au moins de jour, faire route au nord de Krakatau et au sud des deux autres îles. Ce nouveau »Passage de Krakatau" n'offre aucune espèce de danger pour la navigation.

Parmi les cotes de profondeur qui se trouvent sur nos cartes fig. 1 et 2, les *noires* sont empruntées à l'ancienne carte marine hollandaise de 1874, les *rouges*, qu'on voit dans la fig. 2, à la nouvelle carte du lieutenant de marine de 1ère classe VAN DOORN. On y a ajouté les résultats de trois sondages exécutés par M. J. A. 'T HORN, commandant du hopperbarge *Kedirie*, le 17 Octobre 1883, pendant notre séjour à Krakatau. Ces sondages ont donné:

Station 1	Relèvement Pic Krakatau S. E. $^1/_4$ E. » Pointe sud de Lang-eiland N. E. $^1/_4$ E.	Profondeur 130m.
Station 2	» Pic Krakatau S. $^1/_4$ S. E. » Pointe sud de Lang-eiland N. E. $^1/_4$ E.	Profondeur 240m.
Station 3	» Pic Krakatau S. $^1/_4$ S. O. $^1/_2$ O. » Pointe sud de Lang-eiland N. E.	Profondeur 200m.

Enfin, sur la carte fig. 43, on trouve encore un sondage fait, au mois d'Août 1884, par M. D. Nollès, commandant du vapeur *Argus* de la marine du Gouvernement; ce sondage indique, en un point situé entre Verlaten-eiland et Lang-eiland, une profondeur très faible, de 7 mètres seulement, due à la présence, au-dessous du niveau de la mer, de l'enceinte du volcan ancien.

L'altitude du Pic est connue par notre mesure; la hauteur de Verlaten-eiland, 205 mètres, et celle de Lang-eiland, 135 mètres, ont été déterminées par le lieutenant de marine de 2e classe H. J. Ferguson, de l'*Hydrograaf* (**391**).

Iles.	Superficie en kilomètres carrés (**395**).	
Krakatau	Autrefois	33.536
	Dont effondrés	22.851
	Dont conservés	10.685
	Nouvellement ajoutés	4.647
	Aujourd'hui	15.332
Verlaten-eiland	Autrefois	3.716
	Nouvellement ajoutés	8.094
	Aujourd'hui	11.810
Lang-eiland	Autrefois	2.897
	Nouvellement ajoutés	0.306
	Aujourd'hui	3.203
Poolsche Hoed	Autrefois	0.056
	Dont effondrés	0.056
	Dont conservés	0.—

L'effondrement a produit une très belle et très interessante coupe, qui a déjà été décrite en détail dans la partie géologique de cet ouvrage, et que la planche 25 de l'album représente, vue du côté nord, dans toute son imposante magnificence.

Si, quittant la côte nord, on côtoie Krakatau à l'est, on reconnaît, aux talus escarpés, que de ce côté aussi l'effondrement a emporté une partie de l'île. Les roches anciennes s'abaissent peu à peu, et là où elles atteignent le niveau de la mer, est la limite de l'Ancienne et de la Nouvelle-île-Krakatau. Tout ce qui se trouve plus au sud est de formation nouvelle. Relativement à la situation de ce point, la carte marine anglaise et nos propres mesures présentent un accord très satisfaisant (voir la carte fig. 1).

Enfin, une petite partie de Lang-eiland, vis-à-vis de Krakatau, a également disparu dans les abîmes de la mer, comme le montrent les falaises abruptes de la côte.

Ces deux dernières masses, la partie orientale de Krakatau et la partie occidentale de Lang-eiland, confinent à l'espace effondré triangulaire que nous avons reconnu à l'est et qui est représenté sur la carte fig. 2 (**395***).

F. MOUVEMENTS DE LA MER.

Les zones littorales de Java et de Sumatra, qui furent inondées par les formidables ondes marines dont nous avons déjà parlé dans l'historique de l'éruption, au chapitre III, sont représentées sur la carte fig. 3.

Là seulement où de grandes plaines alluviales s'étendaient sur la côte, savoir à l'embouchure de la Semangka, à Teloeq Betoeng, à Anjer, à Tjaringin et à Panimbang, l'eau pénétra loin dans les terres; partout ailleurs l'inondation resta bornée à une bande littorale très étroite, mais, la plupart des kampoengs étant situés au bord même de la mer, elle n'en coûta pas moins la vie à des milliers d'hommes.

En ce qui concerne la cause de la plus puissante de ces ondes, il a déjà été dit plus haut qu'on doit la chercher dans l'effondrement de Krakatau, dans l'immersion subite d'une immense masse rocheuse.

Quant à l'instant précis où cette vague prit naissance, la détermination en est beaucoup plus incertaine que lorsqu'il s'agissait de l'onde aérienne, parce que celle-ci possède une vitesse connue (**396**), ce qui n'est pas le cas pour les ondes marines. Leur vitesse dépend, en effet, de la profondeur de la mer, et comme entre Krakatau et Batavia cette profondeur varie continuellement, et qu'en outre l'échelle de Tandjong Priok ne se trouve pas en un point très favorable, on ne saurait, au moyen de l'heure des perturbations marégraphiques à Tandjong Priok et de la profondeur de la mer, arriver, pour la production de l'onde, à une détermination du temps qui ne laisse aucune place au doute. Néanmoins, en opérant avec tout le soin nécessaire, nous pourrons obtenir un résultat dont l'incertitude ne dépassera pas un très petit nombre de minutes.

Le marégraphe de Tandjong Priok et les trois échelles du détroit de Madoera sont les seuls instruments qui, dans notre Archipel, aient enregistré les ondes. En dehors de leurs indications, nous n'avons que les renseignements des personnes, très peu nombreuses, qui ont vu l'onde sur les côtes du détroit de la Sonde; provisoirement je ne parle que de la dernière onde, qui est la principale.

Je rappellerai, en quelques mots, les informations que nous possédons au sujet de cette onde.

A *Anjer*, la ville avait déjà été ravagée le matin de bonne heure (27 Août), mais la grande vague n'arriva qu'au moment où les ténèbres se répandirent et après la forte explosion d'environ 10 heures (**78**).

A *Tjaringin* on entendit vers 10 heures une violente détonation, bientôt le ciel s'obscurcit, et un instant avant l'obscurité complète la vague se déroula (**82**).

A *Sangkanila*, tout près de Merak, l'inondation et les ténèbres survinrent peu de temps après 10 heures (**75**).

Au *Vlakke Hoek*, les constructions entourant le phare furent détruites à $10^h\ 30^m$ (voir p. 62).

Telles sont les seules données qui méritent confiance; le nombre en est bien faible, comme on voit, et, en outre, les indications d'heures sont très vagues.

Comme l'onde, pour aller de Krakatau à Tandjong Priok, avait besoin, d'après la profondeur moyenne évaluée à 35 mètres, d'*environ* $2^1/_2$ heures, et qu'elle est arrivée en ce point vers $12^h 30^m$ (voir p. 37), cette observation conduit également à placer vers 10 heures l'instant où l'onde fut engendrée. Il n'y a donc pas à douter *que la production de la grande onde marine a eu lieu à peu près en même temps que la plus forte explosion, qu'accompagna aussi la formation de la grande onde aérienne.*

Toute la question est maintenant de savoir si ces deux évènements ont coïncidé exactement, ou non.

Lagrange, Airy, Russel, Holtzmann et autres (**397**) ont donné des formules pour calculer la profondeur de la mer au moyen de la vitesse des ondes. Si la longueur des ondes est très grande, leur hauteur au contraire petite par rapport à la profondeur de la mer, on a: $h = \frac{v^2}{g}$ ou $v = \sqrt{gh}$; h désigne la profondeur de la mer, v la vitesse, g l'accélération due à la pesanteur.

Quelques auteurs, entre autres M. v. Hochstetter et M. E. Geinitz, font à tort une distinction entre deux formules, $h = \left(\frac{v}{k}\right)^2$ et $h = \frac{v^2}{g}$, dans lesquelles $k = 5{,}671$ et $g = 32.1908$ pieds anglais. Mais, comme on a $5.671 = \sqrt{32.1603}$, et que 32,1603 pieds anglais est une valeur plus ancienne de g, les deux formules ne représentent évidemment qu'une seule et même relation; leur très légère différence n'est due qu'à ce qu'on y emploie deux valeurs différentes pour g.

Pour les ondes très longues — et c'est à celles-là, comme on le verra, que nous avons exclusivement affaire — la vitesse est donc indépendante de la longueur des ondes; elle est également indépendante de leur hauteur quand celle-ci est petite relativement à la profondeur, ce qui n'est pas tout à fait le cas dans notre Archipel, puisque la profondeur de la mer de Java varie de 25 à 30 mètres,

et que la hauteur de l'onde, le 27 Août, y mesurait de 4 à 8 mètres, et encore plus en quelques points. Même alors, toutefois, la formule reste exacte à très peu près. *Ce n'est que pour le détroit de la Sonde qu'elle ne peut être appliquée à la grande onde,* parce que celle-ci y a possédé une élévation d'au moins 15 mètres au-dessus du niveau de la mer. Au côté sud du Toppershoedje l'onde, en effet, a monté à la hauteur de 30 mètres contre le bord escarpé, presque à pic, de cet îlot; nous pouvons donc évaluer l'*exhaussement* en mer (c'est-à-dire la demi-hauteur de l'onde) à la moitié de 30, soit à 15 mètres, car des considérations théoriques font voir qu'une onde doit s'élever contre une paroi verticale à une hauteur *à peu près* double de l'exhaussement en mer (**397**[a]).

La hauteur de l'onde étant si exceptionnellement grande, et nullement à négliger par rapport à la profondeur de la mer, nous devons faire usage de la formule $v = \sqrt{\frac{gh}{2} \times \frac{h_1}{h}\left(\frac{h_1}{h} + 1\right)}$, où h représente la profondeur, et h_1 la profondeur augmentée de l'exhaussement produit par l'onde (**397**[b]). En appelant ε cet exhaussement, on a: $h_1 = h + \varepsilon$ et la formule peut être écrite: $v = \sqrt{\frac{g}{2h} (h + \varepsilon)(2h + \varepsilon)}$. Si l'on y fait $\varepsilon = 0$, elle devient $v = \sqrt{gh}$, telle que nous l'avons donnée plus haut pour le cas où l'exhaussement de l'onde est négligeable par rapport à la profondeur de la mer.

Ces formules peuvent donc servir, étant donnée la vitesse, à trouver la profondeur. Mais réciproquement, quand la profondeur est connue, on peut calculer la vitesse et, au moyen de celle-ci, le temps nécessaire pour la propagation.

Faisons ce calcul pour les localités situées sur les bords du détroit de la Sonde. La carte marine hollandaise nous fournit pour les distances de ces points à Krakatau et pour les profondeurs moyennes de la mer, les chiffres contenus dans les deux premières colonnes du tableau suivant:

	Distance.	Profondeur moyenne de la mer.	Vitesse en mètres par seconde.	Temps.
Kr.—Sangkanila . .	64 kil.	43.9 mèt.	25.96	41 min.
Kr.—Anjer	53 »	47 »	26.52	33 »
Kr.—Tjaringin . . .	47 »	48 »	26.69	29 »
Kr.—Java's 1e punt.	72.3 »	92.1 »	33.32	36 »
Kr.– Vlakke Hoek .	103 »	env. 150 »	41.17	42 »
Kr.—Beneawang . .	110.4 »	109.5 »	36.07	51 »
Kr.—Teloeq Betoeng	74 »	33.4 »	24.08	51 »
Kr.—Ketimbang . .	37.2 »	25.1(1) »	22.57	27 »

La profondeur moyenne dans la direction du Vlakke Hoek est incertaine, les sondages n'y étant pas assez nombreux.

Suivant notre formule $v = \sqrt{\frac{g}{2h}(h + \varepsilon)(2h + \varepsilon)}$, où g est pris = 9.781 mètres (**398**) et ε = 15 mètres, nous obtenons alors pour les vitesses moyennes les chiffres inscrits dans la troisième colonne, desquels il résulte ensuite que l'onde a eu besoin, pour faire le trajet de Krakatau aux points en questions, des temps mentionnés dans la quatrième colonne. Si nous admettons provisoirement comme exacte la détermination de l'heure de l'inondation au Vlakke Hoek, l'onde serait donc partie de Krakatau à $10^h\ 30^m - 42^m = 9^h\ 48^m$, ce qui donne pour l'heure de l'arrivée à Sangkanila $10^h\ 29^m$, à Anjer, $10^h\ 21^m$, à Tjaringin $10^h\ 17^m$. Il ressort clairement de ces chiffres que l'onde ne suivit *pas immédiatement* la forte explosion, mais que même à Tjaringin, le point le plus rapproché, elle n'arriva, suivant cette détermination, que $^1/_4$ d'heure plus tard; plus loin nous verrons que l'intervalle écoulé entre le moment où la détonation fut entendue à Tjaringin et

(1) D'après la nouvelle carte marine.

celui où l'onde y parvint, était encore plus grand, savoir, égal à 27 minutes.

Cela s'accorde bien, d'ailleurs, avec le récit de M. Gaston (voir p. 47 et Note **82**). Ce témoin entendit l'explosion à mi-chemin environ de Tjerita et de Tjaringin, c'est-à-dire à plus de 2 kilomètres de cette dernière localité, et il n'aurait donc jamais pu atteindre Tjaringin si l'onde y était arrivée immédiatement ou seulement quelques minutes après le bruit de l'explosion. L'intervalle de temps *doit* nécessairement avoir été d'au moins un quart d'heure; de même pour Anjer et Sangkanila. La mention, que dans ces localités l'onde suivit *de près* le bruit de l'explosion, ne doit donc pas être prise trop à la lettre.

Les déterminations d'heure, données ci-dessus, sont encore assez incertaines, non-seulement parce qu'elles dépendent de l'instant où l'onde atteignit le Vlakke Hoek, instant pour lequel nous avons pris $10^h\ 30^m$, mais aussi parce que la profondeur de la mer entre Krakatau et le Vlakke Hoek (environ 150 mètres) n'est pas connue d'une manière précise, et qu'à cette profondeur est liée la durée de la propagation de l'onde (42 minutes).

On peut obtenir une détermination plus exacte de l'instant de la naissance de l'onde, en partant de l'heure où elle fut observée à Tandjong Priok, et en retranchant de cette heure le temps que l'onde a dû mettre à aller de Krakatau à Tandjong Priok.

A cet effet, en m'aidant de toutes les sondes qu'on possède, les anciennes de la carte marine anglaise (en brasses de 6 pieds anglais = $1^m.83$) et les nouvelles, obtenues dans les derniers levés des baies de Bantam et de Batavia (en brasses de $1^m.80$), j'ai dressé un profil aussi exact que possible du lit de la mer entre Krakatau et Batavia; ce profil, partant du milieu de Krakatau, se dirige en ligne droite, le long du côté nord de Dwars in den Weg, vers un point situé un peu au nord de la Pointe S^t. Nicolas, puis il suit une ligne légèrement courbe, allant au nord de la baie de Bantam et de l'île Maneter, au sud et près des îles Middelburg et Amsterdam, pour aboutir au port de

Tandjong Priok. Non loin de Krakatau, l'onde a dû passer très près de Calmeyer, cette île s'étant probablement formée dès le Dimanche soir (26 Août); en ce point, la profondeur n'aura certainement pas mesuré plus de 5 brasses (= 9 mètres). Il a été tenu compte de ce haut-fond.

Cette route a été partagée en 7 sections, les trois premières prises de Krakatau jusqu'à la Pointe St. Nicolas, la quatrième de cette Pointe jusqu'au commencement de la baie de Bantam, la cinquième jusqu'à la fin de cette baie, la sixième jusqu'à l'île d'Amsterdam, la septième d'Amsterdam jusqu'à Tandjong Priok à travers la baie de Batavia.

Pour l'exhaussement produit par l'onde, j'ai admis dans le détroit de la Sonde, donc sur les trois premières sections, 15 mètres. Au-delà de l'étroit passage près de la Pointe St. Nicolas, l'onde a immédiatement perdu beaucoup de sa hauteur; conformément aux données que nous possédons au sujet de cette hauteur, j'ai adopté pour l'exhaussement (demi-hauteur d'onde) le plus probable: dans la quatrième section 5 mètres, dans la cinquième section 4, dans la sixième 3 et dans la septième 2 mètres.

La profondeur moyenne des sept différentes sections à été calculée en brasses, puis en mètres, après quoi, au moyen de cette profondeur et de l'exhaussement, on a calculé dans chaque section la vitesse de propagation, suivant la formule:

$$v = \sqrt{\frac{g}{2h}(h + \varepsilon)(2h + \varepsilon)},$$

où, comme il a été dit, $g = 9.781$, $h =$ la profondeur, $\varepsilon =$ l'exhaussement en mètres et $v =$ la vitesse en mètres par seconde. Cette vitesse étant connue, le temps nécessaire pour parcourir une certaine distance A s'obtient par la relation:

$$\text{Temps} = \frac{A}{v \times 60} \text{ minutes.}$$

De cette manière j'ai trouvé:

Section.	Distances A en mètres.	Profondeur moyenne h en mètres.	Exhaussement ε en mètres.	Vitesse v en mètres.	Temps de propagation en minutes.
I.	21914	28.12	15	23.113	15.80
II.	36734	71.52	15	30.577	19.98
III.	14505	61.29	15	29.234	8.27
IV.	9775	41.58	5	21.977	7.41
V.	18919	27.05	4	18.060	17.46
VI.	46667	18.56	3	15.097	51.52
VII.	24279	15.16	2	13.376	30.25
	Total 172793 mètres.				Total 150.69 minutes.

La vitesse *moyenne* entre Krakatau et Tandjong Priok s'élevait donc à $\frac{172793}{60 \times 150.69} = 19.11$ métres par seconde, ou 37.09 milles marins = 68.8 kilomètres par heure.

En toute rigueur, le temps de propagation trouvé, savoir 150.69 ou, en chiffres ronds, 151 minutes, devrait encore recevoir une correction pour la vitesse du courant, qui au mois d'Août, de même que le vent régnant pendant la mousson d'Est, est dirigé, sur la côte nord de Java et dans le détroit de la Sonde, de l'Est à l'Ouest, tandis que pendant la mousson d'Ouest la direction est précisément opposée.

Le long de la côte septentrionale de Java ce courant est ordinairement faible, mais entre le Nicolaaspunt et le Varkenshoek sa vitesse atteint parfois 3 milles marins par heure, et même plus. Au sud de cet étroit passage, toutefois, le courant diminue de nouveau rapidement.

Puisque le courant était dirigé en sens contraire du mouvement de l'onde, la propagation de celle-ci en aura été un peu retardée; mais, comme la vitesse *moyenne* du courant, sur la distance

totale, ne s'élevait certainement pas à plus de $^1/_2$ mille, il n'en résulte qu'une différence de 2 minutes dans le temps employé par l'onde. Car si la distance de 172.8 kilomètres, ou 93.145 milles, n'est pas parcourue avec la vitesse de 37.09 milles, mais avec celle de 36.5 milles par heure, la durée de la propagation devient $= \frac{93.145 \times 60}{36.5} = 153$ minutes, et ne surpasse donc que de 2 minutes la valeur trouvée plus haut. Je ne tiens toutefois *pas* compte de cette correction, parce que rien n'est connu de la vitesse que le courant possédait le 27 Août, et qu'il se pourrait donc que cette vitesse eût été très faible ce jour-là.

Nous devons maintenant déterminer, avec toute l'exactitude possible, le moment d'arrivée de la première onde à Tandjong Priok.

D'après les chiffes communiqués p. 37, et qui sont tirés du Rapport sur les travaux du port de Tandjong Priok pendant le mois d'Août (*Javasche Courant* du 18 Septembre), la première onde aurait atteint son niveau le plus élevé à midi 30^m, la seconde à $2^h\ 30^m$, la troisième à $4^h\ 30^m$, tandis que les niveaux minima intermédiaires se seraient produits à $1^h\ 30^m$, $3^h\ 30^m$ et $5^h\ 30^m$. Le marégraphe n'était pas construit en vue de niveaux aussi exceptionnellement hauts et bas, et il ne put donc les inscrire.

La hauteur de la première onde fut donc notée à l'une des pierres de couronnement du mur de quai, et il est clair que la détermination de l'heure où le niveau le plus élevé fut atteint, ne peut avoir été tout à fait exacte; d'abord parce que près du maximum l'accroissement de hauteur est très lent, de sorte que pendant quelque temps l'eau reste pour ainsi dire stationnaire, et en second lieu parce qu'à $12^h\ 30^m$ il faisait encore passablement obscur et que, d'une manière générale, on ne peut attribuer un très grand degré de précision aux observations qui eurent lieu dans ces circonstances.

La courbe du marégraphe est reproduit, à $^1/_5$ de la grandeur primitive, dans notre fig. 9. On voit que la courbe s'arrête à la hauteur de + 1.60 mètres; aux deux premières ondes j'ai suppléé par des lignes de points rouges les extrémités qui manquent, en prenant

pour instants des maxima 12^h 30^m et 2^h 30^m. La figure montre clairement, toutefois, que ces instants doivent tomber un peu plus tard, parce qu'à cette condition seulement l'onde acquiert une forme régulière.

Sur le tracé *original* (notre figure 9 est à trop petite échelle pour cela) on trouve par la mensuration que la première onde atteignit à 12^h 24^m le niveau inscriptible le plus élevé, savoir + 1.60 mètres; ce niveau se maintint quelque temps et la baisse commença à 12^h 48^m; or, comme on peut admettre que l'ascension au-dessus de la ligne de + 1^m.60 aura eu lieu avec la même rapidité que la dépression subséquente, le maximum doit avoir été atteint juste au milieu de l'intervalle de 12^h 24^m à 12^h 48^m, c'est-à-dire, à 12^h 36^m. Si l'on prend ensuite le milieu entre les points où les lignes de + 1^m.50, + 1^m.40, + 1^m.30 etc. sont coupées par le tracé de l'onde, on reconnaît que tous ces points de milieu correspondent également à peu près à 12^h 36^m, de sorte que nous pouvons admettre, avec un haut degré de probabilité, *que la première onde, à Tandjong Priok, a atteint son niveau le plus élevé à* 12^h 36^m. De la même manière, pour les instants où la *deuxième* onde atteignit et quitta la ligne de + 1^m.60, j'ai trouvé 2^h 32^m et 3^h 4^m, par conséquent, pour le niveau le plus élevé, la moyenne de ces deux nombres, savoir 2^h 48^m, instant auquel on arrive aussi en prenant le milieu des deux points d'intersection sur la ligne de 1^m.50, de 1^m.40, etc.

L'indication de l'heure du niveau maximum, donnée p. 37, est donc de 6 minutes trop faible pour la première onde, et même de 18 minutes pour la seconde.

Comme 12^h 36^m temps de Batavia équivaut à 12^h 31^m temps de Krakatau, et que d'après notre calcul l'onde a dû mettre 151 minutes ou 2^h 31^m à parcourir la distance Krakatau-Tandjong Priok, *l'onde a été engendrée à* 12^h 31^m — 2^h 31^m = **10^h 0^m** *du matin.*

On voit donc que l'effondrement d'une partie du Krakatau, qui occasionna la formation de grandes ondes marines, a eu lieu à peu près en même temps que la plus forte explosion, à laquelle est due

la formation de la grande onde aérienne. La première détermination pouvant toutefois être affectée d'une inexactitude de quelques minutes, il resterait tout au plus incertain si l'effondrement a précédé la grande explosion, ou s'il l'a suivie immédiatement.

Considérés en eux-mêmes, les deux cas sont possibles; mais la projection d'une immense quantité de *boue*, mélange de cendre et d'eau de mer, montre en toute évidence que l'explosion a été sous-marine, et que par conséquent l'irruption de l'eau par le haut du cratère et l'effondrement, très problement simultané, du Krakatau doivent avoir eu lieu *avant* l'éjaculation des matières. En outre, notre détermination de l'heure de la formation de la première onde, $10^h\ 0^m$, pèche plutôt par excès que par défaut, parce que nous avons négligé l'influence du courant, qui était opposé au mouvement ondulatoire.

Voici donc dans quel ordre de succession nous devons nous représenter les évènements survenus lors de la grande éruption — catastrophe telle que l'histoire du vulcanisme n'en mentionne qu'un très petit nombre:

Rupture des parois des cratères actifs, parois qui étaient affaiblies par fusion partielle au côté interne; irruption de l'eau de mer dans la cavité cratérienne, sur la lave fondue, et effondrement d'une partie du pic dans cette masse d'eau, à $10^h\ 0^m$ temps de Krakatau. Immédiatement après, projection des matières fondues et de l'eau de mer qui les recouvrait, de telle sorte qu'à $10^h\ 2^m$ était déja atteint le maximum de la pression que cette explosion détermina dans l'air, à une hauteur considérable au-dessus du cratère. Retrait de la lave restante dans le cratère et dans sa cheminée, jusqu'à 200 à 300 mètres au-dessous du niveau de la mer, et solidification de cette lave.

La dévastation des différentes localités riveraines du détroit de la Sonde eut donc lieu, d'après les temps que nous avons trouvés nécessaires pour la propagation de l'onde, aux heures suivantes:

Sangkanila (Merak) . . .	$10^h\ 0^m + 41^m = 10^h\ 41^m$	temps	de	Krakatau
Anjer	$10^h\ 0^m + 33^m = 10^h\ 33^m$	»	»	»
Tjaringin	$10^h\ 0^m + 29^m = 10^h\ 29^m$	»	»	»
Java's 1ste punt.	$10^h\ 0^m + 36^m = 10^h\ 36^m$	»	»	»
Vlakke Hoek	$10^h\ 0^m + 42^m = 10^h\ 42^m$	»	»	»
Beneawang (Semangka).	$10^h\ 0^m + 51^m = 10^h\ 51^m$	»	»	»
Teloeq Betoeng	$10^h\ 0^m + 51^m = 10^h\ 51^m$	»	»	»
Ketimbang.	$10^h\ 0^m + 27^m = 10^h\ 27^m$	»	»	»

La formation de la plus grande onde ne doit donc pas être attribuée à l'éjaculation sous-marine de la masse de lave, et encore moins à la chute en mer des matières ainsi projetées, — car ces évènements eurent lieu un peu *plus tard* que la production de l'onde, — mais uniquement à l'effondrement d'une partie du volcan, à l'immersion subite d'une masse rocheuse dont le volume, tel que nous l'avons calculé, s'élevait au moins à 1 kilomètre cube.

Dans les premiers temps après la catastrophe, l'onde a aussi été rapportée à des tremblements de terre, et en conséquence, dans beaucoup de relations, il en a été fait mention sous le nom d'*onde de tremblement de terre* (earthquake-wave); probablement parce que les grandes ondes analogues, dans des occasions antérieures, avaient toujours été causées par des commotions séismiques. Mais nulle part on n'a ressenti de tremblement de terre au moment de la grande éruption, et puisque précédemment on a perçu sur les côtes du détroit de la Sonde des secousses qui n'étaient *pas* accompagnées d'onde, il serait absurde d'admettre que maintenant cette onde formidable aurait été occasionnée par un tremblement de terre d'une étendue si restreinte que rien n'en a été remarqué, ni a Java, ni à Sumatra.

Le nom d'*onde de marée* (tidal wave) est également inexact, vu que l'onde du Krakatau n'a rien de commun avec le phénomène du flux et du reflux. Nos ondes ont été formées tout à fait de la même manière que celles qu'on détermine en jetant un caillou dans l'eau. A la première onde, l'onde *primaire*, succèdent alors toujours plusieurs ondes *secondaires*. La première onde est la plus haute; si l'une des suivantes la dépasse, cela doit être attribué à l'interférence avec d'autres ondes.

Ci-dessus nous avons dit que l'exhaussement de la grande onde en mer, égal à la demi-hauteur de l'onde (prise du point le plus bas au point le plus haut), doit avoir été d'environ 15 mètres, de sorte que la hauteur totale s'élevait à 30 mètres. C'est là une hauteur tout à fait exceptionnelle; les plus fortes vagues produites par le vent, en cas de tempête violente et prolongée, ne mesurent que 15 à 18 mètres (**398***), c'est-à-dire la moitié de la hauteur de l'onde de Krakatau.

On ne saurait déterminer par le calcul la hauteur de l'onde engendrée par l'immersion d'un kilomètre cube de matière, parce que cette hauteur dépend de la force avec laquelle l'immersion s'opère et de l'espace sur lequel elle s'étend, et qu'au sujet de ces éléments nous ne possédons pas de données suffisantes.

D'après nos mesures, ce n'est qu'au côté Sud de Dwars in den Weg et à Anjer, points situés à 48 et à 53 kilomètres de Krakatau, que l'onde s'est élevée de 36 mètres contre l'escarpement de la côte; ailleurs, l'ascension a été beaucoup moindre; à Sangkanila près de Merak, à 64 kilomètres de Krakatau, l'eau a aussi monté à 35 mètres, mais cela tient à ce que Merak n'est séparé de l'île du même nom que par un étroit chenal, où l'eau était refoulée à une grande hauteur. Contre l'îlot Toppershoedje l'eau se dresse au côté sud jusqu'à 30 mètres, au côté nord seulement jusqu'à 24 mètres. A Kalianda, au nord de Ketimbang, l'eau remonta une plaine inclinée jusqu'à la hauteur de 24 mètres; à Teloeq Betoeng, juste en face de la Résidence, elle atteignit $21^{m}.7$, et dans la même localité, contre l'Apenberg (Goenoeng Koenjiet), 24.2 mètres; au phare du Vlakke Hoek, 15 mètres; à Prinseneiland et à Java's 1e punt, 10 à 7 mètres. A Sebesi la ligne de l'eau ne se distinguait pas bien, parce qu'après l'irruption de la grande vague de 10 heures il est encore tombé beaucoup de cendre, qui a tout recouvert d'un manteau uniforme. A Seboekoe la hauteur de l'onde ne fut pas mesurée, mais elle ne s'élevait pas à plus de 25 à 30 mètres, ce qui est assez surprenant, vu la faible distance entre Krakatau et Seboekoe; l'île était toutefois un peu protégée par Sebesi.

La hauteur est donc partout différente et dépend de la déclivité de la côte, de la forme de la ligne de côte, de la profondeur de la mer près du littoral, de la distance de Krakatau, de l'abri fourni par des parties proéminentes de la côte, ou par des îles, etc.

Jusqu'ici nous n'avons parlé que de la grande onde de 10 heures, et il faut maintenant rechercher à quelles causes doivent être attribuées les ondes beaucoup plus petites du Dimanche soir et du Lundi matin 6 heures.

L'onde qui le Dimanche soir entre $5\frac{1}{2}$ et 6 heures fut observée à Tjaringin, Anjer, Ketimbang et Teloeq Betoeng, et celle qui le Lundi matin à 6 heures détruisit une partie d'Anjer et à $6^h \frac{1}{2}$ la partie basse de Teloeq Betoeng, mais qui, circonstance remarquable, ne fut *pas* remarquée à Tjaringin, ou du moins n'y occasionna aucun dommage, — ces deux ondes peuvent difficilement avoir été produites par des effondrements. Si, avant ce temps, l'eau de mer avait déjà pu pénétrer dans le volcan et se répandre au-dessus de la colonne de lave, des ondes auraient naturellement été formées à chaque effondrement d'une partie du Krakatau, mais alors aussi, à chaque explosion, depuis le Dimanche soir jusqu'au Lundi matin 6 heures, de la boue aurait été éjaculée; or, de toutes les informations il ressort que la pluie de boue n'a commencé qu'*après* 10 heures du matin, le Lundi. Sans doute, les éruptions du Dimanche soir et du Lundi matin étaient beaucoup plus faibles que celle de 10 heures, mais aussi, pendant cette dernière, la boue fut lancée jusqu'à la distance de 100 kilomètres, et il semble donc que, lors de l'éruption déjà assez forte de $5\frac{1}{2}$ heures du matin, elle aurait pu tomber à Ketimbang ou à Tjaringin, à une distance moitié moindre. Ajoutons que l'espace effondré présente un contour à peu près circulaire, et que par là il donne irrésistiblement l'impression d'avoir été formé, non par des effondrements successifs, mais *d'un seul coup*.

Je pense donc que ces ondes, et d'autres encore, étaient dues à la chute en mer de grandes masses de matières rejetées par le volcan. Aux alentours de Krakatau gisent, comme nous l'avons calculé plus haut, 12 kilomètres cubes de cendres et de pierres. La quantité

qui a été rejetée depuis le mois de Mai jusqu'au 26 Août est relativement insignifiante; le 11 Août, près des cratères, la cendre n'avait que $^1/_2$ mètre d'épaisseur. La presque totalité des 12 kil. cubes est donc tombée depuis le soir du 26 Août jusqu'au matin du 27, et cela, non d'une manière continue, mais principalement lors des violentes explosions, dont nous en avons énuméré 15 ci-dessus. Il n'est pas douteux, d'après cela, que quelques-unes de ces explosions ont dû amener au jour, d'un seul coup, au moins 1 kilomètre cube de produits, et lorsqu'une pareille masse tombe dans la mer, sur une surface qui ne soit pas trop étendue, il peut très bien en résulter des ondes ayant de 1 à 3 mètres de hauteur, et même plus.

Enfin — et j'attire spécialement l'attention sur ce point — c'est ainsi qu'on peut expliquer *pourquoi toutes les ondes ne se sont pas fait sentir sur tous les points de la côte.*

Supposons que le Dimanche soir, lors de l'éruption de 5^h 7^m, une grande quantité de matières ait été jetée à l'endroit où se trouve l'île Calmeyer. L'onde formée à ce moment fut observée partout à la ronde, à Merak, Anjer, Tjaringin, Beneawang, Teloeq Betoeng et Ketimbang. Si ensuite, pendant l'éruption de Lundi matin 5^h 30^m temps de Krakatau (voir plus haut), les déjections sont retombées à la place qu'occupe aujourd'hui l'île Steers, l'onde aura été arrêtée dans la direction du Sud-Est par Calmeyer, et par suite la ville de Tjaringin, située derrière cette dernière île, aura été préservée, tandis que l'onde pouvait se propager librement vers Anjer, où elle a dû arriver un peu après 6 heures.

L'onde a aussi pu se propager vers Teloeq Betoeng; la profondeur moyenne entre ce point et Steers est, d'après la carte marine, de 30 mètres, ce qui donne pour la vitesse, $v = \sqrt{gh}$ [1], 17.13 mètres par seconde, de sorte que la distance de 64 kilomètres, qui sépare les deux points, a été parcourue en 61 minutes. L'explosion

---

[1] On peut employer ici la formule simplifiée, parce que la hauteur de l'onde etait faible.

ayant eu lieu à 5^h 30^m, la formation de l'onde (la chute des matières dans la mer) très peu de temps après, l'onde a dû arriver à Teloeq Betoeng à environ 6^h 30^m, ce qui est tout à fait conforme au récit du *Loudon*.

Enfin, lors de l'explosion de 6^h 44^m, le Lundi matin, les matières peuvent êtres tombées à l'O. et au S. O. du volcan, de sorte que Anjer et Tjaringin, couverts par l'île de Krakatau même, et Teloeq Betoeng, protégé par Lagoendi, remarquèrent peu de chose, tandis que l'onde n'a rencontré aucun obstacle vers Beneawang, où elle a dû arriver entre 7^h 30^m et 8^h, puisque la profondeur moyenne est de 109.5 mètres, donc la vitesse $v = \sqrt{gh}$ de 32,7 mètres, la distance de 110.4 kilomètres, et par conséquent le temps nécessaire à l'onde de 56 minutes. Ce résultat est conforme à l'indication de M. le Contrôleur Le Sueur; il reste étrange toutefois, que l'onde, au dire des rapports, n'ait pas été observée au Vlakke Hoek.

Nous voyons donc que les renseignements très discordants relatifs à l'heure d'apparition des ondes et à leur propagation singulière, se laissent très bien concilier, si l'on admet que toutes, sauf la grande onde de 10^h, étaient dues à d'immenses quantités de produits éruptifs, *qui tombèrent dans la mer en des points différents.*

Le fait que l'onde de 10 heures n'a pas été arrêtée dans sa marche par les amas de cendre répandus dans la mer, s'explique suffisamment par la hauteur de l'onde, qui surtout *près de* Krakatau doit avoir été très considérable. Les matières éjaculées à ce moment peuvent, en retombant dans la mer, avoir augmenté encore cette hauteur, mais je doute que leur influence ait été notable, parce que, précisément lors de cette grande explosion, les matières furent disséminées sur une surface énorme.

Des détails plus circonstanciés nous sont fournis, au sujet des ondes, par les diagrammes du marégraphe de Tandjong Priok (fig. 9). Avant de les faire connaître, je dois remarquer toutefois que, pour les observations qui nous occupent, l'emplacement de ce marégraphe était très peu favorable. Il est établi près de l'embouchure du Zuider-

gracht (canal de navigation), dont le fond ne descend qu'a ÷ 2.50 mètres ($2^m.50$ au-dessous du zéro de l'échelle de Tandjong Priok); le fond du port est à ÷ 7,50 mètres.

Un peu en aval du marégraphe se trouvent deux ponts tournants, dont les piles et les culées réduisent d'environ 25% le profil du canal. L'appareil n'a donc pu enregistrer ni les hauteurs maxima ni les hauteurs minima de l'eau, telles qu'elles étaient en mer ou dans le port; les niveaux supérieurs à + 1.61 ne purent être inscrits, parce que l'échelle ne s'y prêtait pas; et les niveaux les plus bas, vers $1^h\ 30^m$, $3^h\ 30^m$ et $5^h\ 30^m$, ne le furent pas non plus, parce que l'eau ne pouvait refluer assez rapidement et qu'elle recommençait à s'élever avant que le niveau le plus bas ne fût atteint; en outre, l'appareil ne donnait pas les niveaux inférieurs à ÷ 1.10. Des observations faites dans le port intérieur, par rapport à des points de repère fixes, ont toutefois fait connaître ces hauteurs maxima et minima (**399**); je les ai indiquées dans la fig. 9 par des lignes pointillées rouges, à propos desquelles je dois d'ailleurs renvoyer à ce qui a été dit plus haut concernant l'inexactitude des indications d'heures.

Notre figure, qui représente les feuilles du marégraphe à $^1/_5$ de la grandeur originale, montre que la mer devint agitée le Dimanche soir à 6 heures. De petites oscillations se succédèrent toute la nuit et le matin du 27, jusqu'à $11^h\ 35^m$ (1), moment où commença brusquement une très forte ascension, causée par la grande onde. L'amplitude des petites ondes antérieures est tout au plus de 0.10 mètre, celle de la grande onde ne s'élève pas à moins de 5.50 mètres; il en ressort nettement quelle grande différence de hauteur doit avoir existé entre l'onde de 6 heures du matin (Lundi), qui inonda une partie d'Anjer et de Teloeq Betoeng, et la grande onde de 10 heures,

---

(1) Cette détermination de l'heure, ainsi que les suivantes, eut lieu par mensuration exacte sur les feuilles marégraphiques *originales*, non sur la copie réduite fig. 9, dont l'échelle trop petite laisse subsister une incertitude de quelques minutes.

qui a été la cause principale des ravages subis par le littoral du détroit de la Sonde.

Les principales de ces petites ondes furent inscrites aux heures suivantes: $4^h\,5^m$, $5^h\,0^m$, $5^h\,36^m$, $5^h\,56^m$, $6^h\,23^m$, $6^h\,33^m$, $7^h\,13^m$, $7^h\,38^m$, $8^h\,14^m$, $8^h\,28^m$, $8^h\,40^m$, $9^h\,17^m$, $9^h\,28^m$, $9^h\,39^m$, $10^h\,24^m$, $11^h\,0^m$ et $11^h\,24^m$; il y a probablement ici plusieurs répétitions des mêmes ondes, chez quelques-unes les chiffres indiquent clairement une période de 2 heures. Les plus importantes de ces ondes sont celles de $7^h\,38^m$, $8^h\,28^m$, $8^h\,40^m$, $9^h\,39^m$ et $10^h\,24^m$, et les quatre premières peuvent être rattachées chacune à une explosion déterminée.

Si l'on calcule en effet, de la même manière que nous l'avons fait pour la grande onde, le temps nécessaire aux petites ondes pour leur propagation dans les 7 différentes sections du trajet de Krakatau à Tandjong Priok, en prenant maintenant $\varepsilon = 0$, parce que la hauteur de ces ondes est négligeable par rapport à la profondeur de la mer, on trouve pour cette durée de propagation 173 minutes $= 2^h\,53^m$ (1).

Les quatre ondes en question prirent donc naissance $2^h\,53^m$ plus tôt, en temps de Batavia, ou $2^h\,58^m$ plus tôt en temps de Krakatau, c'est-à-dire à:

$$4^h\,40^m,\ 5^h\,30^m,\ 5^h\,42^m,\ 6^h\,41^m;$$

tandis qu'au Chapitre des mouvements de l'air nous avons vu que des explosions eurent lieu à:

$$4^h\,43^m,\ 5^h\,30^m,\ 5^h\,47^m,\ 6^h\,44^m.$$

La seconde et la quatrième de ces explosions furent les plus violentes de toutes avant celle de 10 heures.

---

(1) Pour chacune des 7 sections on calcule donc, à l'aide de la profondeur moyenne de cette section, la vitesse $v = \sqrt{gh}$ et au moyen de celle-ci le temps de propagation $t = \frac{A}{v \times 60} = \frac{A}{60\sqrt{gh}}$; la somme des 7 temps donne $2^h\,53^m$. On obtient un chiffre *tout différent et inexact* lorsqu'on procède d'un seul coup, en prenant la profondeur moyenne de la mer entre Krakatau et Tandjong Priok. Cette profondeur est de 36.37 mètres, de sorte qu'on trouverait: $t = \frac{172793}{60\sqrt{9.781 \times 36.37}} = 153$ minutes $= 2^h\,33^m$.

Les quatre ondes sont donc en relation évidente avec les explosions, et, comme nous l'avons déjà remarqué, elles furent très probablement produites par la chute en mer des grandes quantités de matières éruptives.

La cinquième onde enfin, celle de $10^h\ 24^m$, paraît être une répétition de celle de $8^h\ 28^m$, laquelle présente donc déjà une période de deux heures, de même que les grandes ondes postérieures.

Nous continuons maintenant l'examen de notre courbe marégraphique, en commençant par l'élévation très importante de $11^h\ 35^m$. Cette élévation, comme le montre la fig. 9, n'a *pas* été précédée d'un abaissement, de ce qu'on appelle une onde négative; le mouvement de la mer a commencé par un *exhaussement*, ainsi que cela doit être le cas lorsqu'une masse rocheuse tombe subitement dans l'eau.

La *première* grande ascension se fit si rapidement, que le niveau le plus élevé dont le marégraphe pût conserver la trace, savoir + $1^m.60$ ou $1^m.61$, était déjà atteint à $12^h\ 24^m$; ce niveau se maintint jusqu'à $12^h\ 48^m$, après quoi commença un abaissement non moins rapide. Le vrai maximum, qui doit avoir eu lieu (voir ci-dessus) à $12^h\ 36^m$, a été observé à l'une des dalles qui couronnent le mur de quai, lequel est à + $2^m.50$; l'eau y a monté jusqu'à $2^m.35$. Le marégraphe n'a pu donner non plus le niveau minimum de la première onde, car l'eau, par suite de l'arrivée de la deuxième onde, avait déja recommencé à monter avant d'avoir pu atteindre le niveau le plus bas. D'ailleurs, l'appareil eût-il été placé en un point plus favorable, par exemple dans le port intérieur, cela n'aurait servi de rien, parce qu'il ne peut indiquer les niveaux inférieurs à ÷ $1^m.10$, tandis que, d'après les observations faites à des points fixes, dans le port, l'eau s'abaissa jusqu'à ÷ $3^m.15$. L'amplitude de la première onde fut donc de $2.35 + 3.15 = 5.50$ mètres.

Pour l'heure à laquelle fut atteint le niveau le plus bas, on donne $1^h\ 30^m$ (voir p. 37); ce chiffre doit toutefois être changé en $1^h\ 36^m$, ce que j'ai trouvé de la manière déjà exposée plus haut, en prenant

le milieu des deux points d'intersection de la ligne de l'onde avec les lignes + 1.00, + 0.90, + 0.80, etc.

Les niveaux le plus élevé et le plus bas de la *deuxième* onde ne purent pas non plus être enregistrés par le marégraphe. A 2^h 32^m l'index de celui-ci avait atteint la plus haute position possible (+ $1^m.60$), qui ne fut abandonnée qu'à 3^h 4^m; la moyenne de ces deux heures, savoir 2^h 48^m, fait de nouveau connaître l'instant du maximum; ce maximum fut de + $1^m.95$, le minimum subséquent, qui a dû survenir à 3^h 45^m, de ÷ $1^m.50$.

Dans ce cas encore, l'eau, sous l'influence de la troisième onde, recommença à s'élever avant que sur l'échelle le niveau le plus bas ne fût atteint. Les valeurs + 1.95 et ÷ 1.50 ont été trouvées dans le port, par comparaison à des points de hauteur connue.

Pour la *troisième* onde, le marégraphe enregistra à 4^h 43^m le maximum, de + $1^m.23$, qui fut suivi d'un minimum de ÷ $0^m.40$, à 5^h 42^m; ce dernier toutefois ne fut pas noté par l'appareil, parce que, avant cet instant, l'eau, sollicitée par la quatrième onde, avait repris un mouvement ascensionnel.

Toutes les ondes suivantes furent enregistrées d'une manière complète par le marégraphe.

L'amplitude de la 2e onde s'éleva donc à 1.95 + 1.50 = 3.45 mètres, celle de la 3e onde à 1.23 + 0.40 = 1.63 mètres; pour les ondes suivantes, l'amplitude décroît régulièrement jusqu'au 28 Août à minuit (= 29 Août 0^h). Passé ce moment, il n'y eut plus que de légers clapotis jusqu'au 30 Août à midi; puis l'état de la mer redevint normal.

Par des mesures exactes, sur les feuilles originales, j'ai trouvé les temps suivants (1) pour les niveaux les plus élevés et les plus bas des ondes. A côté de ces temps sont inscrites leurs différences, c'est-à-dire les périodes des ondes. En tout, 19 maxima, mais seulement 13 minima, ont été enregistrés d'une manière suffisamment

(1) Quelques-uns de ces temps diffèrent légèrement des chiffres marqués dans la fig. 9.

nette pour se prêter à une détermination exacte du temps par des mesures effectuées sur les diagrammes.

Niveaux maxima.	Différences.
27 Août $12^h.36^m$ soir.	
	$2^h.12^m = 132^m$
2.48 »	
	1.55 = 115
4.43 »	
	2.15 = 135
6.58 »	
	1.27 = 87
8.25 »	
	1.55 = 115
10.20 »	
	2.15 = 135
28 Août 12.35 mat.	
	2.30 = 150
3. 5 »	
	2. 5 = 125
5.10 »	
	2. 6 = 126
7.16 »	
	1.52 = 112
9. 8 »	
	1.52 = 112
11. 0 »	
	2. 6 = 126
1. 6 soir.	
	1.49 = 109
2.55 »	
	2.20 = 140
5.15 »	
	1.20 = 80
6.35 »	
	1.45 = 105
8.20 »	
	1.40 = 100
10. 0 »	
	2. 0 = 120
12. 0 »	

Total: 18 ondes, $35^h\ 24^m$

Moyenne: $1^h.\ 58^m$

Niveaux minima.	Différences.
27 Août $1^h.36^m$ soir.	
	$2^h.\ 9^m = 129^m$
3.45 »	
	1.57 = 117
5.42 »	
manque	3.32 = 212
9.14 »	
	2.20 = 140
11.34 »	
	2.20 = 140
28 Août 1.54 mat.	
	2.14 = 134
4. 8 »	
	2.10 = 130
6.18 »	
	2. 7 = 127
8.25 »	
	1.45 = 105
10.10 »	
	1.54 = 114
12. 4 soir.	
	1.46 = 106
1.50 »	
	2. 4 = 124
3.54 »	

Total: 13 ondes, $26^h\ 18^m$

Moyenne: $2^h\ 1^2/_5{}^m$

La période moyenne des ondes est donc, tant pour les maxima que pour les minima, d'environ 2 heures.

Pour la vitesse moyenne de la première onde nous avons trouvé 68.8 kilomètres par heure, et puisque sa période était de $2^h\ 12^m$, il en résulterait pour cette onde une longueur de $2^1/_5 \times 68.8 \times 1000 = 151360$ mètres. Peut-être, toutefois, est il plus exact de faire entrer dans le calcul non pas la vitesse moyenne, mais la vitesse que l'onde possédait au voisinage de Tandjong Priok (dans

la Section VII, voir ci-dessus). Cette vitesse était de 13.376 mètres par seconde, ou 48.15 kilomètres par heure, de sorte que, avec une période de $2^h\ 5^m$ seulement, la longueur d'onde devient encore égale à 100000 mètres.

On voit que la longueur d'onde, même par rapport aux profondeurs du Grand Océan, est réellement assez considérable pour que la vitesse des ondes puisse être regardée comme indépendante de leur longueur, et pour que, dans tous les cas où la hauteur de l'onde est négligeable vis-à-vis de la profondeur de la mer, on soit autorisé à faire usage ed la formule $v = \sqrt{gh}$ (**400**).

Comme la période de nos ondes est en général très régulière, et que l'amplitude décroît aussi d'une manière graduelle, nous pouvons en conclure que ce sont des oscillations successives, résultant d'une seule et même cause, l'effondrement de 10 heures. Cette conclusion est exacte au fond, bien qu'une onde tout à fait étrangère ait pris part au mouvement, ainsi qu'on le verra tout à l'heure. La première onde, ou l'onde *primaire*, a donc été suivie à Tandjong Priok de 18 ondes secondaires, de la même manière qu'on peut l'observer en jetant un caillou dans une eau dormante (**400**[a]).

La courbe du marégraphe présente toutefois *une* irrégularité très remarquable, savoir, l'*absence de la basse eau à* $7^h\ 30^m$. Tandis que les trois premiers minima ont été notés à $1^h\ 36^m$, $3^h\ 45^m$ et $5^h\ 42^m$, la première basse eau suivante ne vient qu'à $9^h\ 14^m$, de sorte que la période est évidemment troublée; la différence entre les temps des minima étant d'environ 2 heures, la courbe enregistrée devrait, en cas d'allure régulière, offrir un minimum à $7^h\ 30^m$, minimum qui fait défaut.

Cette perturbation ne peut avoir été causée que par une nouvelle onde, qui a interféré avec la quatrième de la série des grandes ondes. Comme nous ne connaissons pas la forme que la courbe du marégraphe aurait eue sans cette onde additionnelle, nous ne pouvons pas non plus construire exactement la forme de la nouvelle onde, car il y a un nombre infini d'ondes qui, combinées deux à deux fourniraient notre tracé. Pour se faire toutefois quelque idée de la grandeur

et de la forme de l'onde additionnelle, on peut, dans ce tracé, dessiner la 4e onde et les suivantes de telle sorte qu'elles présentent une période très régulière. Par exemple:

Maximum de la 4e onde à 6^h 36^m, hauteur + 1.17 mètres.
Minimum » » » » » 7^h 30^m, hauteur + 0.20 »
Maximum de la 5e onde à 8^h 30^m, hauteur + 1.25 »
Minimum » » » » » 9^h 30^m, (la courbe passant par notre minimum de 9^h 14^m), hauteur + 0.10 mètre.
Maximum de la 6e onde à 10^h 35^m, (la courbe passant par notre maximum de 10^h 20^m), hauteur + 1.17 mètres.
Minimum » » 6e onde à 11^h 30^m, hauteur ÷ 0.11 »
Maximum » » 7e onde à 12^h 25^m, hauteur + 0.67 »

Au-délà de ce point, nous laissons la courbe se rapprocher peu à peu du tracé primitif, pour s'y confondre, par exemple, vers 1^h; si alors nous relions encore notre point de départ, 6^h 36^m, au tracé du marégraphe, là où la droite horaire de 6^h 22^m coupe la droite de + 0.80 mètre, nous obtenons entre 6^h 22^m et 1^h un nouveau tracé, que nous supposons être celui que le marégraphe aurait inscrit si aucune onde nouvelle ne s'était surajoutée. Ce tracé, bien entendu, ne sera pas tout à fait conforme à la réalité, mais, à raison de la période régulière de 2 heures et de l'amplitude assignée aux ondes successives, il ne s'en écartera pas non plus d'une manière trop prononcée.

Nous pouvons maintenant construire l'onde additionnelle, en prenant sur les lignes horaires successives la différence des ordonnées de nos deux tracés, et en portant ces différences, à partir d'une ligne de niveau adoptée, sur des lignes horaires correspondantes aux premières. C'est ainsi, par exemple, que nous avons supposé la hauteur de notre 5e onde, à 8^h 30^m, égale à + 1^m.25; le tracé du marégraphe donne à cet instant + 0^m.75; la différence montre que notre onde primitive est devenue, par l'interférence de l'onde additionnelle, de 0^m.50 plus basse, valeur qui sera donc portée comme ordonnée négative (*au-dessous* d'une certaine ligne de niveau convenue) sur la ligne horaire de 8^h 30^m.

De cette manière on obtient une courbe ayant la forme suivante.

A	$6^h\ 22^m$	0	mètres.		
»	$6^h\ 36^m$	÷ 0.17	»	Min.	
»	$6^h\ 40^m$	0	»		
»	$7^h\ 25^m$	+ 0.82	»	Max.	$1^h\ 54^m$
»	$8^h\ 0^m$	0	»		
»	$8^h\ 30^m$	÷ 0.50	»	Min.	$2^h\ 25^m$
»	$9^h\ 14^m$	0	»		
»	$9^h\ 50^m$	+ 0.40	»	Max.	$2^h\ 5^m$
»	$10^h\ 20^m$	0	»		
»	$10^h\ 35^m$	÷ 0.31	»	Min.	$1^h\ 40^m$
»	$11^h\ 14^m$	0	»		
»	$11^h\ 30^m$	+ 0.15	»	Max.	$1^h\ 50^m$
»	$11^h\ 56^m$	0	»		
»	$12^h\ 25^m$	÷ 0.11	»	Min.	

etc. avec amplitude toujours décroissante.

Telle est donc la courbe que le marégraphe aurait tracée en vertu de la nouvelle onde, prise isolément. Sa forme ressemble beaucoup à celle de nos autres ondes, et elle présente une période moyenne de 2 heures, ce qui fait présumer que notre tracé ne s'écarte pas beaucoup de la réalité. Mais, soit qu'on s'en tienne à ce tracé, soit qu'on veuille en regarder un autre, légèrement modifié, comme plus exact, *il doit* être survenu à $7^h\ 30^m$ ou à $7^h\ 25^m$, une onde additionnelle, qui empêcha l'eau d'atteindre son niveau le plus bas. J'estime que $7^h\ 25^m$ est l'instant le plus probable, parce qu'à ce moment le tracé (voir fig. 9) montre un petit maximum intermédiaire. Pour l'amplitude de cette onde nouvelle nous avons trouvé $0.82 + 0.50 = 1.32$ mètres, chiffre qui ne peut être en erreur que d'une quantité relativement assez petite; l'onde avait donc à peu près la même hauteur que nos 4e et 5e ondes du Krakatau. Bien que restant beaucoup au-dessous de notre 1ère onde du Krakatau, la nouvelle onde n'était, on le voit, nullement insignifiante, et avait par exemple beaucoup plus d'importance que les petites ondes précédentes, dues aux éruptions des premières heures du Lundi matin.

Pourtant, nulle part il n'a été fait mention de cette onde, ce qui s'explique par la circonstance qu'elle se confondit avec la 4ᵉ onde du Krakatau en une onde unique, qui avait environ la même hauteur que les deux ondes élémentaires, parce que les phases de celles-ci ne coïncidaient pas. S'il en avait été autrement, — c'est-à-dire si l'instant du maximum avait été le même pour les deux ondes, — l'onde résultante aurait pu s'élever jusqu'à + 2.00 mètres, hauteur de peu inférieure à celle de la grande onde de $12^h\ 36^m$. La différence de phase eut aussi pour effet de retarder un peu l'instant du maximum. Le minimum, qui aurait dû se produire vers $7^h\ 30^m$, fut, nous le savons, complètement supprimé; le maximum suivant fut avancé de $8^h\ 30^m$ à $8^h\ 25^m$, mais, au lieu de + $1^m.25$, il n'atteignit que + $0^m.79$ de hauteur. Les minima et maxima postérieurs sont tous un peu modifiés en hauteur et en temps, mais d'une manière insignifiante, parce que les oscillations de l'onde accessoire diminuèrent rapidement.

Nous devons maintenant chercher encore à quel moment cette onde fut expédiée de Krakatau, car, vu son amplitude relativement considérable, il n'est pas douteux qu'elle aussi ne doive être attribuée au volcan.

Pour le temps de propagation de la grande onde nous avons trouvé $2^h\ 31^m$, et pour celui des petites ondes ($\epsilon = 0$) $2^h\ 53^m$; si pour l'onde en question, qui à Tandjong Priok avait encore une amplitude de plus de 1 mètre, nous prenons la moyenne, c'est-à-dire $2^h\ 42^m$, l'onde aura été émise à $7^h\ 25^m - 2^h\ 42^m - 5^m = 4^h\ 38^m$ temps de Krakatau, donc approximativement à 4 heures et demie de l'après-midi.

Or, justement à $4^h\ 30^m$, une explosion est mentionnée par M. le Contrôleur de Kroë: »$4^h\ 30^m$. Ténèbres épaisses. *Une violente détonation fait tout vibrer*" voir p. 64). Il ne me paraît pas improbable que la trépidation produite par cette explosion ait déterminé l'effondrement d'une notable partie, restée debout jusqu'alors, de la paroi du Krakatau, effondrement qui aura causé le mouvement de la mer.

Finalement, je ferai observer que les nombreuses ondes qui suivirent la première et la plus grande étaient, au témoignage du tracé marégraphique, beaucoup plus importantes que les petites ondes

précédentes, qui pourtant avaient déjà occasionné de graves dommages dans le détroit de la Sonde. On ne saurait donc douter que les parties basses du littoral du détroit n'aient été inondées à plusieurs reprises dans le courant de l'après-midi et de la nuit, bien qu'à cet égard nous ne possédions, naturellement, aucune information directe; les personnes qui avaient échappé à la catastrophe de 10 heures s'étaient toutes réfugiées en des lieux plus élevés; en outre, pendant tout ce jour, le détroit de la Sonde resta plongé dans l'obscurité ([1]).

Dans la fig. 9 j'ai indiqué par une ligne rouge le niveau moyen *calculé* de l'eau à Tandjong Priok, pour servir de terme de comparaison au niveau enregistré pendant la perturbation. Le 26 et le 31 Août, alors que le niveau était normal, cette ligne rouge se confond sensiblement avec la ligne enregistrée, et elle coupe les ondulations assez exactement par le milieu.

Au premier coup d'oeil jeté sur cette figure, on reconnaît qu'à Batavia, pendant les jours de l'éruption, la mer n'a pas été haute 2 fois dans les vingt-quatre heures, mais seulement une fois. Une faible marée intermédiaire se laisse toutefois distinguer. M. l'ingénieur A. P. Melchior, qui publiera prochainement (dans le *Tijdschrift der afdeeling Nederl.-Indië van het Kon. Inst. van Ingenieurs*, année 1883—84) une importante étude sur les marées à Batavia, et à qui je dois le calcul de la ligne en question, a eu l'obligeance d'y joindre les éclaircissements suivants.

»Le trait caractéristique des marées dans l'Archipel Indien, et »en particulier à Batavia, c'est l'influence considérable qu'exercent sur »elles les *déclinaisons* du soleil et de la lune.

»Lorsqu'un de ces astres se trouve dans l'équateur, il détermine

([1]) Tout ce que je puis citer, c'est une communication du second de la *Marie*, bâtiment servant au transport du sel; il y est fait mention d'une onde survenue à 3^h de l'après-midi, à Teloeq Betoeng. L'heure est toutefois plus ou moins incertaine. Voir les »Additions" à la fin de ce Rapport.

»à Batavia 2 marées, parfaitement égales entre elles, au moins en ce »qui concerne les niveaux de haute eau, et séparées l'une de l'autre »par un intervalle de 12 heures. Mais il suffit que l'astre ait une »déclinaison d'une couple de degrés, pour que l'une des marées de»vienne sensiblement plus haute que l'autre, et pour qu'en outre le »mouvement total d'élévation et d'abaissement s'accroisse. Lorsque la »déclinaison s'élève à 7°, la 2e marée s'efface et on n'observe plus »qu'un arrêt temporaire dans le mouvement ascensionnel de l'eau, »arrêt qui, pour une déclinaison encore plus forte, se change en »simple retard. La déclinaison atteint-elle 13°, cette dernière trace »de la 2e marée disparaît à son tour, et il ne reste plus, dans »les vingt-quatre heures, qu'une marée unique et uniforme, dont »l'amplitude continue à croître avec la déclinaison. Aussi, aux mois de »Juin et de Décembre, à l'époque de la pleine lune ou de la nouvelle »lune, la hauteur moyenne de la marée est-elle, à Batavia, de près »de 1.00 mètre, en Mars et en Septembre, seulement de 0m.30.

»Quand la déclinaison du soleil ou de la lune est boréale, la marée »produite par cet astre atteint à Batavia sa hauteur maximum 10 heures »après la culmination supérieure de l'astre; en cas de déclinaison »australe, au contraire, le maximum a lieu 2 heures avant ce passage »au méridien. De Mars à Septembre on a donc toujours haute mer »le soir et basse mer le matin, de Septembre à Mars, c'est l'opposé.

»La raison pour laquelle la déclinaison exerce une si grande in»fluence réside probablement dans ce qui suit. Si le sommet d'une »onde de marée, venant du Grand Océan et approchant de l'Asie, »passe à une distance notable au sud de l'équateur, cette onde sera »arrêtée en grande partie par la Nouvelle-Hollande (Australie), tandis »qu'une onde qui a fait route à une latitude suffisamment élevée »au-dessus de l'équateur, arrivée à l'Archipel Indien, y pénétrera comme »dans une baie. Par suite de ces circonstances, la déclinaison aura »sur la marée une influence prononcée, qui se fera déjà sentir assez »fortement à l'est de l'Archipel, et s'y traduira fréquemment par »une notable différence de hauteur entre les deux marées d'un même »jour. A mesure que les ondes de marée s'avancent entre les îles de

»l'Archipel, cette différence devient de plus en plus grande, à tel point »qu'en beaucoup de lieux la 2e marée disparaît souvent tout à fait. »Cela est le cas, entre autres, à Batavia, où les ondes de marée arrivent »en majeure partie du nord et proviennent donc de la mer de Chine.

»Cette influence de la déclinaison, jointe à la circonstance que »dans les différentes saisons de l'année la lune atteint sa déclinaison »maxima dans des phases différentes, provoque des phénomènes très »particuliers dans le régime des marées entre les syzygies. La marée »lunaire, qui, toutes choses égales d'ailleurs, possède plus de 2 fois »l'intensité de la marée solaire, sera toujours forte lorsque la décli- »naison de la lune sera grande, faible quand cette déclinaison sera »petite. En conséquence, les marées les plus fortes ne sont pas »observées 1 ou 2 jours après la P. L. ou la N. L., mais de 1 à 7 »jours après ces phases, ou bien un égal nombre de jours avant, »selon la saison. A la fin de Mars et de September, par exemple, la »marée la plus haute se produit 1 jour après le P. Q. ou le D. Q., parce »que la lune a alors dans les quadratures, en moyenne, une déclinaison »de $23\frac{1}{2}°$. La différence entre la haute et la basse mer s'élève ces »jours-là à près de 0.80 mètre, tandis que vers la P. L.ou la N. L., »aux mêmes époques de l'année, elle n'est que de 0.30 mètre.

»L'éruption du Krakatau a eu lieu 5 jours. avant la N. L. A la »fin du mois d'Août c'est justement vers ce moment que la lune »atteint sa plus grande déclinaison. Par suite, les marées normales »étaient relativement fortes le jour de l'éruption et les jours suivants.

»Au moyen des observations faites pendant 3 années au maré- »graphe de Tandjong Priok, on a déterminé empiriquement les »hauteurs normales de l'eau pour chaque phase lunaire et chaque »période de l'année. C'est ainsi qu'ont été calculées les hauteurs »de l'eau du 26 au 31 Août 1883. Dans ce calcul il a été tenu »compte de la distance variable de la lune à la terre et de »l'influence exercée sur la déclinaison de la lune par la distance de »cet astre à l'écliptique."

Près de Soerabaja trois marégraphes sont établis, l'un à Oedjoeng-Pangka, sur la côte nord de Java, le second à Soerabaja même, sur l'Oedjoeng, le troisième au sud de Soerabaja, à Karang Kleta. Les courbes de ces marégraphes, que j'ai reçus de M. l'ingénieur en chef J. J. Dijkstra, à Soerabaja, sont reproduits, au $^1/_5$ de la grandeur réelle, dans les fig. 12, 13 et 14.

Les lignes rouges pointillées, qu'on voit dans les figures, ont été ajoutées par moi et donnent la moyenne des niveaux de l'eau de la veille et du lendemain, par conséquent le niveau probable du jour même, sans la perturbation. Les tracés montrent que, après quelques petites irrégularités, la première perturbation notable eut lieu à Oedjoeng Pangka le 28 Août à 1^h 30^m du matin, à Soerabaja à 2^h 30^m, à Karang Kleta à 2^h 45^m. Sur le diagramme de Soerabaja on distingue deux ondes qui se succédèrent à une heure d'intervalle. L'amplitude de la perturbation est ici déjà très réduite et varie de 0.10 à. 0.20 mètre.

A Oedjoeng Pangka il n'y eut ces jours-là, de même qu'à Batavia, qu'une seule marée dans les vingt-quatre heures; à Soerabaja et à Karang Kleta on remarque, de même qu'aux points plus orientaux de la côte nord de Java, une marée intermédiaire assez prononcée. A partir du détroit de Madoera, en allant vers l'ouest, cette seconde marée devient de moins en moins distincte, et à Oedjoeng Pangka elle ne s'observe plus.

Toutes les autres données relatives à l'heure où l'onde est parvenue en différents points de l'Inde néerlandaise sont plus ou moins incertaines, et quelques-unes, telles que les informations de la Côte Sud des Preanger et la plupart des indications de Benkoelen, ne peuvent servir à rien. Dans la liste qu'on trouvera ci-dessous je n'ai consigné que les observations utilisables, et j'en ai converti l'heure en temps de Krakatau. Au moyen de la durée de propagation j'ai calculé la vitesse en milles par heure et en mètres par seconde, et de cette vitesse j'ai ensuite déduit la profondeur moyenne de la mer, à l'aide de la formule $h = \frac{v^2}{g}$.

Dans cette liste sont mentionnées aussi la plupart des localités en

dehors de l'Inde néerlandaise, où l'onde a été remarquée. Jusqu'à présent je n'ai pas reçu de données de Honolulu, où un marégraphe fonctionne, ni de S[te] Hélène. A l'île de l'Ascension il n'y a pas de marégraphe (**400**[b]); ces appareils paraissent également manquer sur la côte orientale du Brésil, où leur présence aurait été de grande valeur pour la connaissance de la propagation de l'onde dans l'Océan Atlantique.

Le tableau des niveaux de la mer durant le mois d'Août dans la République Argentine, m'a été communiqué par voie officielle (**400**[c]); comme il ne donne toutefois pour chaque jour qu'un seul chiffre moyen, la question qui nous occupe n'en reçoit pas d'eclaircissement.

Notre Consul général à Lima a fait savoir qu'aucun renseignement ne pouvait être fourni au sujet des niveaux de la mer sur la Côte du Pérou, dans les derniers jours du mois d'Août.

Une copie m'a été promise d'un Rapport du Directeur de l'observatoire météorologique de Maurice sur les phénomènes observés, à la suite de l'éruption du Krakatau, à Maurice, à Rodriguez et aux Seychelles; jusqu'ici, malheureusement, cette pièce ne m'est pas parvenue.

Je suis également encore dans l'attente des indications du marégraphe de la baie Orange (Cap Horn).

Ce n'est donc que plus tard, lorsque tous ces documents seront en ma possession, que je pourrai entreprendre la discussion complète des observations concernant la propagation de l'onde du Krakatau, discussion dont je me propose de faire connaître les résulats dans une suite au present Rapport.

De la seule énumération des localités contenues dans notre liste il ressort déjà, toutefois, que cette remarquable éruption volcanique a aussi provoqué des mouvements de la mer sur une grande partie de la surface du globe.

Sur la carte fig. 6 j'ai indiqué d'heure en heure l'état du mouvement de l'onde, en n'allant provisoirement, à cause de l'insuffisance des données, que jusqu'au Cap Horn à l'ouest et jusqu'à la côte occidentale de l'Australie à l'est.

Localités.	Heure d'arrivée. (Niveau le plus élevé) 27 Août. Temps local.	Différence de temps avec Krakatau.	Heure d'arrivée en temps de Krakatau.	Durée de propagati de l'onde
Krakatau	10^h 0^m mat.	—	—	—
Ile Noordwachter. .	12^h (11^h 30^m?) mat.	+ 4^m	11^h 56^m mat.	1^h 56^m
Toboali (Banka). . .	4^h 15^m soir.	+ 4^m	4^h 11^m soir.	6^h 11^m
Ile Lépar	5^h 15^m soir.	+ 6^m	5^h 9^m soir.	7^h 9^m
Ile Ondiepwater . .	4^h — soir.	+ 7^m	3^h 53^m soir.	5^h 53^m
Ile Mendanau. . . .	5^h — soir.	+ 7^m	4^h 53^m soir.	6^h 53^m
Tandjong Pandan (Billiton)	5^h 30^m soir.	+ 9^m	5^h 21^m soir.	7^h 21^m
Dendang (Billiton) .	5^h 30^m soir.	+ 10^m	5^h 20^m soir.	7^h 20^m
Tandjong Priok (Batavia).	12^h 36^m soir.	+ 5^m	12^h 31^m soir.	2^h 31^m (
Tjilamaja (Krawang)	2^h 30^m soir.	+ 9^m	2^h 21^m soir.	4^h 21^m
Rambattan (Cheribon)	4^h — soir.	+ 11^m	3^h 49^m soir.	5^h 49^m
Japara.	6^h? — soir.	+ 20^m	5^h 40^m? soir.	7^h 40^m?
Oedjoeng Pangka près de Soerabaja.	28 Août 1^h 30^m mat.	+ 29^m	28 Août 1^h 1^m mat.	15^h 1^m
Tjilatjap	27 Août 5^h — soir.	+ 14^m	27 Août 4^h 46^m soir.	6^h 46^m
Pasar Manna	11^h 15^m mat. (11^h?)	— 11^m	11^h 26^m mat.	1^h 26^m
Padang	1^h 25^m soir.	— 21^m	1^h 46^m soir.	3^h 46^m
Cossack (Australie occidentale) . . .	4^h 30^m? soir.	+ 47^m	3^h 43^m soir?	5^h 43^m?
Ashburton River (id.)	12^h?? midi.	+ 38^m	11^h 22^m mat.??	1^h 22^m??
Geraldton (id.)	8^h?? soir.	+ 37^m	7^h 23^m soir??	9^h 23^m??

Août à 10h 0m *du matin, temps de Krakatau.*

Distances en illes marins.	Vitesse en milles marins par heure a.	Vitesse en mètres per seconde v.	Profondeurs de la mer en mètres h.	Remarques.
—	—	—	—	**401**.
82	42.41	21.86	48.8	Voir **120**.
205	33.15	17.08	29.8	Voir **115**.
216	30.21	15.57	24.8	Voir **116**.
203	34.50	17.78	32.3	Voir **119**.
231	33.56	17.29	30.6	**402**.
245	33.33	17.18	30.2	Voir **117**.
238	32.45	16.72	28.6	Voir **118**.
93.145	37.09	19.11	36.37 (²)	
144	33.10	17.06	29.8	Voir **66**.
178	30.60	15.77	25.4	Voir **67**.
321	41.87?	21.58?	47.6?	Voir **67a**.
446	29.70	15.30	24.0	Voir la fig. 12.
310	45.81	23.61	57.0	Voir **87** et **88**.
189	131.9	67.95	472.0	Voir **101**.
434.5	115.4	59.44	361.3	Voir **105**.
1107	—	—	—	**403**, **403a** et **413**.
1080	—	—	—	
1456	—	—	—	

(¹) Plus exactement 150.69 minutes. (Voir le texte).

(²) Calculée à l'aide des profondeurs moyennes des 7 sections (voir le texte)· la formule $h = \frac{v^2}{g}$ donnerait pour la profondeur 37.34 mètres.

Localités.	Heure d'arrivée (Niveau le plus élevé) 27 Août. Temps local.	Différence de temps avec Krakatau.	Heure d'arrivée en temps de Krakatau.	Durée de l propagati de l'onde.
Rottnest Island près de Perth	$4^h\ 30^m$ soir.	$+ 41^m$	$3^h\ 49^m$ soir.	$5^h\ 49^m$
Port Blair (Ile Andaman)	$1^h\ 55^m$ soir.	$- 51^m$	$2^h\ 46^m$ soir.	$4^h\ 46^m$
Galle (Ceylan). .	$1^h\ 25^m$ soir.	$- 1^h\ 41^m$	$3^h\ 6^m$ soir.	$5^h\ 6^m$
Trincomali (id.). . .	$1^h\ 29^m$ soir.	$- 1^h\ 37^m$	$3^h\ 6^m$ soir.	$5^h\ 6^m$
Negapatam	$2^h\ 30^m$ soir.	$- 1^h\ 43^m$	$4^h\ 13^m$ soir.	$6^h\ 13^m$
Madras	$2^h\ 33^m$ soir.	$- 1^h\ 41^m$	$4^h\ 14^m$ soir.	$6^h\ 14^m$
Vizagapatam	$3^h\ 14^m$ soir.	$- 1^h\ 29^m$	$4^h\ 43^m$ soir.	$6^h\ 43^m$
False Point.	$4^h\ 36^m$ soir.	$- 1^h\ 15^m$	$5^h\ 51^m$ soir.	$7^h\ 51^m$
Dublat	$5^h\ 55^m$ soir.	$- 1^h\ 10^m$	$7^h\ 5^m$ soir.	$9^h\ 5^m$
Diamond Harbour .	$8^h\ 5^m$ soir.	$- 1^h\ 9^m$	$9^h\ 14^m$ soir.	$11^h\ 14^m$
Kidderpore(Calcutta)	$10^h\ 0^m$ soir.	$- 1^h\ 9^m$	$11^h\ 9^m$ soir.	$13^h\ 9^m$
Beypore.	$3^h\ 46^m$ soir.	$- 1^h\ 59^m$	$5^h\ 45^m$ soir.	$7^h\ 45^m$
Bombay	$6^h\ 48^m$ soir.	$- 2^h\ 11^m$	$8^h\ 59^m$ soir.	$10^h\ 59^m$
Kurachi.	$6^h\ 34^m$ soir.	$- 2^h\ 34^m$	$9^h\ 8^m$ soir.	$11^h\ 8^m$
Aden	$5^h\ 46^m$ soir.	$- 4^h\ 2^m$	$9^h\ 48^m$ soir.	$11^h\ 48^m$
Rodriguez.	$1^h\ 30^m$ soir.	$- 2^h\ 48^m$	$4^h\ 18^m$ soir.	$6^h\ 18^m$
Maurice (PortLouis)	$2^h\ 15^m$ soir.	$- 3^h\ 12^m$	$5^h\ 27^m$ soir.	$7^h\ 27^m$
Ile St. Brandon (Cargados Garajos). .	3^h? — soir.	$- 3^h\ 3^m$	$6^h\ 3^m$? soir.	$8^h\ 3^m$?
Seychelles	4^h — soir.	$- 3^h\ 20^m$	$7^h\ 20^m$ soir.	$9^h\ 20^m$
East-London(Afrique méridionale) . . .	$5^h\ 38^m$ soir. (2e onde)	$- 5^h\ 10^m$	$10^h\ 48^m$ soir.	—
Port Alfred (id.).	$4^h\ 18^m$ soir.	$- 5^h\ 15^m$	$9^h\ 33^m$ soir.	$11^h\ 33^m$
Port Elisabeth (id.).	$4^h\ 36^m$ soir.	$- 5^h\ 19^m$	$9^h\ 55^m$ soir.	$11^h\ 55^m$
Baie de la Table (id.).	$5^h\ 54^m$ soir.	$- 5^h\ 48^m$	$11^h\ 42^m$ soir.	$13^h\ 42^m$

Distances en illes marins.	Vitesse en milles marins par heure a.	Vitesse en mètres par seconde v.	Profondeurs de la mer en mètres. h.	Remarques.
1653	284.2	146.4	2192	**403.**
1485	311.5	160.5	2635	
1678	329.0	169.5	2939	
1694	332.2	171.2	2995	
1840	296.0	152.5	2378	
1905	305.6	157.5	2536	
2012	299.6	154.4	2436	
2068	263.4	135.8	1884	**404** à **404ᵈ**.
2116	232.9	120.0	1473	
2151	—	—	—	
2194	—	—	—	
2150	277.4	143.0	2089	
2634	239.8	123.6	1561	
3210	288.3	148.6	2257	
3804	322.4	166.1	2821	
2579	409.4	210.9	4550	**405.**
2913	391.0	201.5	4151	**406** et **407.**
2753	342.0?	176.2?	3175?	**405.**
2983	319.6	164.7	2773	**405.**
4571	—	—	—	**405.**
4632	401.0	206.7	4367	**408.**
4687	393.3	202.7	4200	**408ᵃ.**
5100	372.3	191.8	3762	**409.**

Localités.	Heure d'arrivée (Niveau le plus élevé) 27 Août. Temps local.	Différence de temps avec Krakatau.	Heure d'arrivée en temps de Krakatau.	Durée d[…] propaga[…] de l'o[…]
Moltkehafen (Ile de la Géorgie du Sud) .	2^h 24^m soir.	—9^h 26^m	11^h 50^m soir.	13^h 50^m
Baie Orange (Cap Horn).	3^h 28^m soir.	—11^h 34^m	28 Août 3^h 2^m mat.	17^h 2[…]
Talcahuano (Chili) .	?	—11^h 55^m	?	?
Auckland (Nouvelle Zélande)	29 Août 4^h mat.	+ 4^h 37^m	28 Août 11^h 23^m soir.	37^h 23[…]
Wellington (Nouvelle Zélande)	29 Août 8^h? mat.	+ 4^h 37^m	29 Août 3^h 23^m? mat.	41^h 23[…]
Sydney (Australie orientale).	29 Août 4^h 45^m mat.	+ 3^h 3^m	29 Août 1^h 42^m mat.	39^h 42[…]
Huon-river (Tasmanie).	28 et 29 Août h.?	?	—	—
Saucelito (S. Francisco	1. 27 Août 1^h 4^m soir. 2. 28 Août 1^h 40^m mat.	—15^h 12^m	1. 28 Août 4^h 16^m mat. 2. 28 Août 4^h 52^m soir.	1. 18^h 1[…] 2. 30^h 5[…]
Ile Kadiak (Alaska).	1. 27 Août 5^h 7^m soir. 2. 28 Août 4^h 53^m mat.	—17^h 11^m	1. 28 Août 10^h 18^m mat. 2. 28 Août 10^h 4^m soir.	1. 24^h 1[…] 2. 36^h […]
Côte de France (près de Rochefort) . .	28 Août 9^h 29^m mat.	— 7^h 7^m	28 Août 4^h 36^m soir.	30^h 36^m

Distances en lles marins.	Vitesse en milles marins par heure a.	Vitesse en mètres par seconde v.	Profondeurs de la mer en mètres h.	Remarques.
6685	483.2	249.0	6340	**410.**
7740?	454.4	234.2	5606	**411.**
—	—	—	—	**412.**
12540 740 + 4800)	du Cap Horn 235.9	du Cap Horn 121.5	du Cap Horn 1510	**413**, **414** et **415**.
12120 740 + 4380)	—	—	—	Voir Chapitre VI, note **442ᵉ**.
12900 740 + 5160)	du Cap Horn 227.6	du Cap Horn 117.3	du Cap Horn 1407	**413.**
—	—	—	—	**415.**
? 13860 740 + 6120)	? du Cap Horn 442.4	? du Cap Horn 228.0	? du Cap Horn 5314	**416.**
? 15780 740 + 8040)	? du Cap Horn 422.4	? du Cap Horn 217.7	? du Cap Horn 4844	**416.**
11700 100 + 6600)	de la Baie de la Table 390.5	de la Baie de la Table 201.2	de la Baie de la Table 4140	**418ᵈ** et **418ᵉ**. Pour la distance totale Krakatau—France on trouve: a=382.4; v=197.0; h=3969.

Localités des Indes Néerlandaises. Pour notre Archipel, le tableau mentionne 15 localités où l'onde a été remarquée; dans seulement deux d'entre elles l'arrivée de la première onde a été enregistrée automatiquement; les déterminations d'heure des 13 autre localités peuvent être plus ou moins inexactes. Pour la plupart, toutefois, la profondeur moyenne calculée au moyen de la vitesse de l'onde s'accorde assez bien avec les profondeurs de la carte marine; dans la mer de Java, la profondeur n'est généralement que d'environ 30 mètres.

La détermination de l'heure a *Japara* doit être fautive, car la profondeur qui en résulte diffère trop de celle de Rambattan (Cheribon) et d'Oedjoeng Pangka (Soerabaja.).

La perturbation qui a été enregistrée à *Oedjoeng Pangka* $4^h\,{}^1/_2$ avant l'arrivée de notre première onde du Krakatau, à *Soerabaja* $5^h\,{}^1/_2$ et à *Karang Kleta* $6^h\,{}^1/_4$ avant cette même arrivée (voir les diagrammes fig. 12 à 14), ne doit probablement pas être attribuée au Krakatau. Pour cela, d'abord, elle est trop forte comparativement à la première onde du Krakatau, et ensuite, si elle avait eu cette origine, le temps écoulé entre son arrivée et celle de la perturbation principale devrait être *le même* dans les trois localités.

L'intervalle de temps entre les deux perturbations a été le plus grand dans la localité la plus orientale, ce qui indique que ce premier mouvement ondulatoire ne venait pas de l'ouest, mais de l'*est*. La perturbation de Karang Kleta et de Soerabaja aurait alors été produite par une onde, dirigée vers l'ouest, qui avait traversé le détroit de Madoera; à Oedjoeng Pangka, la première perturbation serait probablement due à l'onde qui, dirigée vers l'ouest, atteignit cette localité en passant au nord de l'île Madoera, tandis qu'une des perturbations suivantes, par exemple celle qui précéda de $3^h\,{}^3/_4$ la perturbation principale, peut avoir été occasionnée par l'onde venue, comme il vient d'être dit, du détroit de Madoera. L'onde du Krakatau ayant eu besoin de 1 heure pour aller d'Oedjoeng Pangka à Soerabaja, puis de ${}^1/_4$ d'heure pour atteindre Karang Kleta, et l'onde antérieure, de direction opposée, ayant naturellement mis les

mêmes temps à faire ces trajets, il en résulte que la différence de temps entre les deux perturbations, si elle était de $6^h\ ^1/_4$ à Karang-Kleta, devait nécessairement être de $5^h\ ^3/_4$ à Soerabaja et de $3^h\ ^3/_4$ à Oedjoeng Pangka, chiffres qui s'accordent assez bien avec les heures observées. Quant à la première perturbation d'Oedjoeng-Pangka, elle y a eu lieu encore $^3/_4$ d'heure plus tôt, et c'est pourquoi je l'attribue à une onde qui se propagea vers l'ouest en passant au *nord* de Madoera.

Au Chapitre VI nous verrons que, les 26 et 27 Août, un mouvement de la mer se produisit dans la partie orientale de notre Archipel, probablement dans la mer de Banda.

Bien que le centre précis et l'heure exacte du mouvement principal soient inconnus, il ne me paraît pas douteux que ce mouvement à été la cause de la première perturbation accusée par nos trois courbes marégraphiques.

La faible profondeur moyenne trouvée pour *Tjilatjap* montre que le mouvement s'opérait tout près de la côte méridionale de Java, car, à une plus grande distance au sud, la mer devient beaucoup plus profonde. Bien que le mouvement ondulatoire se soit fait sentir sur toute la côte sud, il est à remarquer que dans la Wijnkoopsbaai, à Palaboean, l'eau s'est élevée beaucoup moins haut qu'à Tjilatjap, point situé beaucoup plus loin. Après que l'onde eut dépassé le Prinseneiland, le mouvement principal paraît donc ne pas avoir pu se propager directement vers l'est, mais s'être d'abord rapproché peu à peu de la côte sud et l'avoir atteinte à l'est de la Wijnkoopsbaai.

Entre le détroit de la Sonde et Padang, le long de la côte ouest de Sumatra, nous trouvons déjà des profondeurs beaucoup plus grandes que dans la mer de Java. La première onde arriva à Pasar Manna, d'après le rapport (voir p. 65), à 11 heures du matin; pour cette localité une différence de 15 minutes dans le temps correspond déjà à une différence de 150 mètres dans la profondeur. Il est donc probable que la première onde n'atteignit son niveau le plus élevé qu'à $11^h\ 15^m$, ou encore plus tard, ce qui donne une profondeur plus rapprochée de celle qu'on obtient pour Padang. Quant à ce résultat,

que la profondeur moyenne jusqu'à Padang est plus faible que jusqu'à Manna, il provient de ce qu'entre les îles, d'Indrapoera jusqu'à Padang, la mer a moins de 100 brasses (183 mètres) de profondeur.

A Padang ce n'est pas la première onde, mais la *troisième*, qui s'éleva le plus haut (**105**), fait qui doit toujours être attribué, comme nous l'avons déjà dit, à l'interférence avec d'autres ondes. L'amplitude est alors augmentée si les mêmes phases, par exemple les niveaux les plus hauts ou les plus bas des deux ondes, coïncident. Dans le cas actuel, la cause doit probablement être cherchée dans la présence, à l'O. et au S. O. de Padang, des îles Mentawei; la première onde, revenant de la grande île Siberoet, paraît s'être confondue près de Padang avec la troisième onde propagée directement, et en avoir augmenté l'amplitude.

Localités en dehors des Indes Néerlandaises. Pour les lieux situés plus loin de Krakatau, les distances mentionnées dans la liste ont toujours été calculées suivant le grand cercle, à l'aide des formules dans la Note **386**. Lorsque la propagation suivant un seul et même grand cercle n'était pas possible, — des terres se trouvant sur le trajet, — la distance a été calculée suivant une succession d'arcs de grands cercles; une petite erreur peut alors avoir été commise, parce que la route suivie par l'onde n'est pas connue au juste.

Pour la position du cratère du Krakatau on a admis 105° 26′ Long. E. de Gr. et 6° 7′ Lat. S., coordonnées géographiques du point qui a été le centre d'action principal et aussi le centre de l'effondrement.

Dans des occasions antérieures, notamment à la suite du tremblement de terre du Pérou, en 1868, on a, pour calculer la vitesse de propagation des ondes, employé les distances telles que les donnent les cartes marines suivant la projection de Mercator (¹); on trouvait

(¹) Pour le calcul de la vitesse du mouvement ondulatoire occasionné par le tremblement de terre qui eut lieu au Pérou en 1877, les distances ont été prises suivant le grand cercle. La formule employée par M. Geinitz (Petermann's *Geogr. Mittheilungen*, 1877, p. 454 etc.) est: $\cos C = \sin b_1 \sin b_2 + \cos b_1 \cos b_2 \cos (l_2 - l_1)$.

Dans cette formule, C est la distance cherchée, l_1 et l_2 sont les longitudes des deux points, b_1 et b_2 leurs latitudes (et *non* les compléments des latitudes, ainsi qu'il est dit par erreur).

ces distances, soit en mesurant sur le bord montant (N.-S.) de la carte, à la hauteur de la latitude moyenne des deux points, le nombre de degrés contenus dans la droite qui joint ces points, soit en faisant usage de la formule: Distance en milles = $(b-b_1)$ milles $\times$ cosec. φ, où $b-b_1$ représente en milles la différence de latitude entre les deux points, et φ l'angle sous lequel la droite qui joint les deux points coupe l'équateur ou les parallèles.

De cette manière, toutefois, on obtient les distances prises suivant la *loxodromie* (**417**), c'est-à-dire, suivant la courbe qui sur le globe coupe tous les méridiens sous un même angle; or, tous les mouvements à la surface du globe ont lieu suivant l'*orthodromie*, ou grand cercle, et l'arc de grand cercle est, sur la sphère, la distance la plus courte entre deux points, donc plus courte aussi que la distance loxodromique. La différence est faible quand les distances sont petites, mais elle peut devenir très importante pour des distances plus grandes. Pour Krakatau-Port Elisabeth (Afrique méridionale) j'ai trouvé la distance loxodromique égale à 4796 milles, la distance orthodromique égale à 4687, ce qui fait déjà une différence de 109 milles. Pour Krakatau-Géorgie du Sud, la différence s'élève même à 950 milles.

Côte occidentale d'Australie. Les données relatives à l'arrivée des ondes sur la Côte occidentale d'Australie sont très discordantes (**403** et **403***) et ont évidemment rapport à des ondes différentes; il est probable aussi qu'une partie seulement de ces ondes provenaient de Krakatau, et que les autres étaient venues de la mer de Banda, en passant près des îles Timor et Rotti.

C'est ainsi qu'on rapporte qu'une onde a été observée à $4^h\ 30^m$ de l'après-midi à Cossack, à midi à Ashburton-River, à 8 heures du soir seulement à Geraldton et déjà à $4^h\ 30^m$ de l'après-midi à l'île Rottnest près de Perth. Evidemment, il ne s'agit pas ici d'une seule et même onde; à Geraldton, l'onde de 8 heures du soir, tout en

ayant été la plus haute (il est dit que l'eau s'éleva de 2 mètres), avait probablement été précédée de une ou plusieurs autres ondes.

Comme il n'y a pas de marégraphes sur la Côte occidentale d'Australie, on ne peut obtenir aucun éclaircissement au sujet de ces ondes. L'heure donnée pour l'île Rottnest me paraît la moins incertaine; il en résulte toutefois, pour la profondeur moyenne de la mer entre le détroit de la Sonde et Perth, seulement 2192 mètres, ce qui est probablement trop peu.

Inde Anglaise. Les données concernant l'Inde anglaise sont tirées du Rapport du Major Baird (**404**[a]). Le chiffre calculé, au moyen de la vitesse, pour la profondeur de la mer entre Krakatau et Ceylan, savoir 2939 et 2995 mètres, est notablement inférieur à celui qui résulte de la carte marine.

Entre Ceylan et le détroit de la Sonde plusieurs sondages ont été exécutés (**418**), en vue de la pose du cable télégraphique sous-marin; ces sondages donnent pour la profondeur moyenne 2236 brasses, ou 4092 mètres.

La différence entre ce nombre et celui qui se déduit de la vitesse de l'onde doit tenir au peu de profondeur de la mer au voisinage des îles disséminées le long de la Côte occidentale de Sumatra (îles Mentawei, Nías, Poeloe Babi), parages où l'onde se propagea d'abord, avant d'entrer, plus à l'ouest, dans la mer profonde.

Les courbes des marégraphes de l'Inde anglaise montrent que la grande onde a partout été précédée d'un abaissement de la surface de la mer, d'une soi-disant onde négative, phénomène qui n'a *pas* été observé à Tandjong Priok. La grande onde, qui dans le détroit de la Sonde commença indubitablement par un exhaussement du niveau de la mer, paraît donc, arrivée dans les eaux profondes, avoir pu former en avant d'elle un abaissement, tandis que dans la mer peu profonde de Java elle était incapable de produire une semblable dépression.

Au reste, l'abaissement avait dans l'Inde anglaise une valeur très variable, allant de $^1/_2$ à $^1/_8$ de la hauteur de la première onde positive subséquente. La forme et la dimension de la dépression paraissent donc dépendre de causes locales, en grande partie probablement du profil

du fond de la mer au voisinage de la côte, et aussi, comme on le verra ci-dessous, de la hauteur de l'onde positive qui suit la dépression.

Un extrait du Rapport du Major Baird à la Société Royale a été publié, par le Lieut. Général J. T. Walker, dans le Journal »*Nature*"; j'emprunte à cet extrait les conclusions suivantes:

1. Des perturbations furent distinctement remarquées dans 12 des 17 stations Indo-anglaises où se trouvent des marégraphes. Le mouvement des ondes se propagea vers tous les points favorablement situés, mais *non* vers la Côte est du golfe de Bengale.
2. La perturbation commença par un abaissement du niveau de la mer, par une onde négative; la même chose eut lieu à Maurice.
3. Cette onde négative fut suivie d'une grande onde positive, après un intervalle de temps qui variait de 75 minutes, sa valeur pour Negapatam, la station la plus rapprochée de Krakatau, à 24 minutes, pour Aden, le point le plus éloigné.
4. Des ondes plus petites, engendrées par des éruptions antérieures moins fortes, furent enregistrées avant la grande onde négative. Elles apparaissent à Aden environ 3 heures, à Negapatam environ 18 heures avant l'onde négative, ce qui montre que les éruptions furent d'abord faibles, de sorte que les ondes formées ne se propagèrent que jusqu'aux stations les plus rapprochées, et qu'ensuite elles augmentèrent en force, au point que des perturbations furent notées même à Aden, à plus de 3800 milles marins de Krakatau.
5. Le maximum de l'amplitude fut à Negapatam de 22 *inches* ($0^m.56$), à Aden de 9 *inches* ($0^m.23$). En général, la *première* onde positive, succédant à l'onde négative, était la plus haute de toutes; dans quelques cas, elle était suivie d'une onde plus élevée. Les ondes, qui se succédaient à des intervalles de 1 ou 2 heures, conservèrent pendant 12 heures une amplitude notable, d'environ la moitié de l'amplitude maxima. Ensuite vinrent des ondes plus petites, jusqu'au 29 et au 30 Août. Elles cessèrent d'abord à Port-Blair (îles d'Andaman) et à Negapatam, les deux stations les plus rapprochées, en dernier lieu à Aden, le point le plus éloigné.
6. Les ondes marines ne furent *pas* précédées d'ondulations du sol,

ainsi que cela avait été le cas lors du tremblement de terre survenu, le 31 Décembre 1881, dans le golfe de Bengale.

Ile Cocos ou Keeling. L'onde arriva ici pendant le reflux, et grâce à cette circonstance elle ne causa aucun dommage, bien que l'eau s'élevât à 4 pieds $^1/_4$ au-dessus du niveau de haute mer. L'indication de l'heure d'arrivée de l'onde ne peut malheureusement être exacte. L'île Keeling étant la seule station entre Krakatau et l'Afrique méridionale, la détermination de la profondeur de la mer jusqu'en ce point aurait eu un intérêt tout spécial. L'onde unique serait arrivée, dit-on, le 27 Août, à $9^h\ 45^m$ du matin, heure correspondant à $10^h\ 19^m$ temps de Krakatau; la distance de 623 milles marins aurait donc dû être parcourue en 19 minutes, ce qui est impossible (**419**).

Mascareignes et Seychelles. Les îles situées à l'est de Madagascar étant encore dépourvues de marégraphes, les indications d'heure y sont peu certaines. Surtout le chiffre trouvé pour la profondeur à l'île S^t^. Brandon paraît inexact, cette profondeur ne différant probablement pas autant de celle qui existe à Maurice. Pour Rodriguez nous obtenons la profondeur moyenne considérable de 4550 mètres, pour les autres îles des valeurs moindres, la plus petite pour les Seychelles, parce qu'ici l'onde a dû passer par les eaux peu profondes du banc de Saya-de-Malha.

Afrique méridionale. Des marégraphes sont établis à East-London, à Port-Alfred, à Port-Elisabeth et à la Baie de la Table (Alfred Docks). A East-London, toutefois, l'appareil ne fonctionnait pas le jour de l'éruption.

D'après une des communications (**405**), une onde de 2 pieds d'amplitude atteignit à East-London le niveau le plus élevé à $5^h\ 38^m$. Cette onde n'a probablement pas été la première, mais la seconde de la série. Si la première onde est arrivée $1^h\ 14^m$ avant la seconde, de même qu'à Port-Elisabeth, on trouve pour la profondeur 4240 mètres, chiffre très rapproché de celui relatif à Port-Elisabeth (4200 mètres).

A *Port-Alfred,* le marégraphe resta parfaitement calme jusqu'au 27 Août, 7 heures du matin. De 7^h du mat. à 2^h du soir il enregistra 21 petites ondes, d'une amplitude moyenne de $0^m.12$. Puis vinrent les ondes suivantes:

Intervalle de temps entre les ondes en minutes :	Jour	h. m.	Amplitude en mètres.	
	27 Août	2. 9 soir	0.30	Ondes préalables.
78				
		3.27 »	0.30	
18				
		3.45 »	0.19	
33				
		4.18 »	0.30	1e onde.
54				
		5.12 »	0.60	2e »
67				
		6.19 »	0.66	3e »
16				
		6.35 »	0.80	4e »
52				
		7.27 »	0.67	5e »
26				
		7.53 »	—	6e »
25				
		8.18 »	0.66	7e »
53				
		9.11 »	—	8e »
16				
		9.27 »	—	9e »
22				
		9.49 »	0.80	10e »
72				
		11. 1 »	0.89	11e »
74				
	28 Août	12.15 mat.	0.77	12e »
606 min.				
Puis 11 ondes plus petites			0.25 en moyenne	—
		3.47 mat.	0.54	13e »

Ensuite encore env. 50 petites ondes jusqu'au 29 Août 10h matin. — 0.50 décroissant jusqu'à 0.12.

Après le 29 Août 10h du mat., calme.

En somme, le marégraphe accusa des perturbations pendant 51 heures, et 98 ondes, grandes et petites, furent enregistrées; l'amplitude maxima s'éleva à $0^m.89$, ou presqu'à 3 pieds.

L'amplitude des ondulations croissant d'une manière graduelle, et aucune onde notablement plus élevée que la précédente et la suivante n'apparaissant tout à coup, il est difficile de dire laquelle de ces ondes doit être regardée comme la première, comme celle qui correspond à l'onde de 10^h de Krakatau. On serait tenté de prendre l'onde de 5^h 12^m, qui a 0.60^m d'amplitude, mais cela s'accorderait mal avec l'arrivée de la 1ère onde au point voisin Port-Elisabeth, où elle fut inscrite à 4^h 36^m; en conséquence, j'ai choisi pour première onde, à Port-Alfred, l'onde de 4^h 18^m.

En avant de la première onde aucune dépression ne se distingue, et en avant de la deuxième on n'observe qu'une dépression insignifiante; la troisième et la cinquième onde sont l'une et l'autre précédées d'un abaissement d'environ $0^m.20$. Il résulte de là que la dépression ne dépend pas seulement du profil du fond de la mer, comme on aurait pu le supposer d'après ce que nous avons vu ci-dessus, mais aussi de la hauteur de l'onde qui la suit. Plus l'onde est forte, plus est considérable la dépression antécédente; l'eau a donc une tendance à prendre la forme d'onde complète, et alors chaque élévation doit nécessairement être précédée d'un abaissement.

L'amplitude de la première onde est ici plus petite que celle de la deuxième, et celle-ci, à son tour, est plus petite que la troisième. Plus loin nous reviendrons sur ce phénomène.

A *Port-Elisabeth*, les ondes enregistrées le 27 Août, entre 4^h et 12^h du soir, sont en nombre moindre qu'à Port Alfred, mais elles possèdent une amplitude notablement plus grande.

Dès le 26 Août, à midi, le marégraphe accuse de petits clapotis, qui croissent jusqu'à une amplitude maxima de $0^m.12$, le 27 Août, à 4^h du soir. Viennent alors les ondes suivantes:

Intervalle de temps en minutes:	Temps h. m.	Amplitude en mètres.	
	27 Août 4. 2 soir	0.22	Onde préalable.
34			
	4.36 »	0.35	1e onde.
74			
	5.50 »	0.45	2e »
90			
	7.20 »	env. 0.58	3e »
30			
	7.50 »	1.30	4e »
70			
	9. 0 »	1.46	5e »
69			
	10. 9 »	0.90	6e »
52			
	11. 1 »	0.68	7e »
44			
	11.45 »	0.62	8e »
39			
	28 Août 12.24 mat.	0.50	9e »
70			
	1.34	0.92	10e »
572			

Puis 22 ondes jusqu'au 29 Août 1h mat.	0.82 décroissant jusqu'à 0.42, mais pas régulièrement.
Ensuite encore env. 50 petites ondes jusqu'au 31 Août 10h mat.	décroissant jusqu'à 0.12 mètre.

A ce moment, le marégraphe n'était pas encore tout à fait calme. Les oscillations durèrent ici 2 jours de plus qu'à la station voisine Port-Alfred. En tout, et sans compter les petits clapotis antérieurs, 83 ondes, grandes et petites, furent enregistrées; pour les principales de ces ondes, les intervalles de temps et les amplitudes diffèrent tout à fait de ceux des ondes de Port-Alfred. La première onde, de $4^h\ 36^m$, a une amplitude de $0^m.35$; les suivantes sont plus

grandes, et l'amplitude s'élève même, pour la 4e et la 5e onde, à 1m.30 et 1m.46.

Le fait que la 2e onde est un peu plus haute que la 1ère, paraît devoir être attribué uniquement à ce que, au moment de l'arrivée de la première onde, la marée était encore descendante, tandis qu'à l'arrivée de la deuxième onde elle avait atteint son niveau le plus bas et était donc stationnaire. La même circonstance se présenta à Port-Alfred; ici également la 1ère onde arriva à marée descendante, la 2e à marée basse.

L'amplitude beaucoup plus considérable des ondes suivantes a toutefois une cause entièrement différente, dont nous parlerons ci-dessous, après avoir donné le tableau des indications de la troisième station sud-africaine.

La courbe du marégraphe de l'*Alfred-Dock, dans la Baie de la Table,* présente plus de ressemblance avec celui de Port-Alfred qu'avec celui de Port-Elisabeth.

De petites oscillations furent déjà enregistrées depuis le 26 Août midi jusqu'au 27 Août 5 heures du soir; leur amplitude atteint tout au plus 0m.08. Puis viennent les ondes de période plus longue et d'amplitude plus grande:

Intervalle de temps en minutes :		Temps. h. m.	Amplitude en mètres.	
	27 Août	5.54 soir	0.12	1e onde.
52				
		6.46 »	0.24	2e »
64				
		7.50 »	0.40	3e »
64				
		8.54 »	0.50	4e »
27				
		9.21 »	petite onde	5e »
28				
		9.49 »	0.40	6e »
22				
		10.11 »	petite onde	7e »
56				
		11. 7 »	0.48	8e »
52				
		11.59 »	0.40	9e »
53				
	28 Août	12.52 mat.	0.44	10e »
70				
		2. 2 »	0.49	11e »
52				
		2.54 »	0.53	12e »
66				
		4. 0 »	0.56	13e »
58				
		4.58 »	0.42	14e »
664				

Ensuite plus de 60 petites ondes jusqu'au 30 Août, 11^h soir. Le marégraphe redevint alors, sinon complètement, au moins à peu près calme. } Décroissant jusqu'à $0^m.08$.

Abstraction faite des clapotis antérieurs, le marégraphe a donc inscrit 74 ondes, grandes et petites. L'amplitude maxima ne s'élève ici qu'à 0^{m}.56, ce qui s'explique suffisamment par la distance plus grande de Krakatau et par la situation de la Baie de la Table, très abritée contre l'onde venant de l'Est. La *première* onde n'ayant eu a Port-Alfred et à Port-Elisabeth qu'une amplitude de 0^{m}.30 et 0^{m}.35, il n'y a pas lieu de s'étonner que la première onde de la Baie de la Table ne présente qu'une amplitude de 0^{m}.12.

En comparant entre eux les trois courbes des marégraphes, on trouve que les ondes suivantes se correspondent quant aux intervalles de temps, comptés à partir de l'arrivée de la première onde:

Port-Alfred . . .	1e,	2e,	3e,	5e,	6e,	7e,	9e,	10e,	11e,	12e;	
Baie de la Table .	1e,	2e,	3e,	4e,	5e,	6e,	8e;				
Port-Elisabeth . .	1e,	2e,		4e,				6e,	(7e),	9e onde.	

On voit que les premières ondes de Port-Alfred et de la Baie de la Table concordent assez bien, mais que l'accord est beaucoup moindre pour les ondes de Port-Elisabeth. A Port-Alfred, le 27 Août, entre 4^{h} du soir et minuit, 11 ondes furent inscrites, à Port-Elisabeth seulement 8. En outre, quelques-unes de ces ondes avaient une amplitude extrêmement grande. Même dans l'Inde anglaise, beaucoup plus rapprochée du Krakatau, l'amplitude ne dépassa pas 0^{m}.56.

Il doit dont évidemment y avoir eu interférence des ondes propagées directement, avec celles qui arrivaient, après avoir passé au nord de Madagascar, par le Canal de Mozambique; entre Port-Alfred et Port-Elisabeth, celle-ci suivirent la mer peu profonde qui borde la côte et c'est ainsi que la 4e onde (la 1ère des ondes de Mozambique) n'arriva à Port-Alfred que 83 minutes et à Port-Elisabeth que 120 minutes après la 2e onde. Aux deux points il y eut interférence, mais à Port-Elisabeth paraît s'être produite plusieurs fois la coïncidence des mêmes phases des ondes — coïncidence des instants où l'onde directe et l'onde de Mozambique atteignaient leur niveau le plus élevé — ce qui n'a pas été le cas à Port-Alfred. En ce dernier point, la plupart des ondes furent donc enregistrées séparément, tandis

qu'à Port-Elisabeth les deux ondes interférentes formèrent itérativement une onde unique, de grande amplitude. Ainsi s'expliquent, et le nombre moindre, et la hauteur plus considérable des ondes de Port-Elisabeth.

Les 1ère, 2e et 3e ondes de Port-Alfred et de la Baie de la Table, et les 1e et 2e ondes de Port-Elisabeth sont donc les premières de la série des ondes propagées directement; la 4e et les postérieures, au contraire, sont résultées de la rencontre des ondes suivantes de la série directe avec les ondes du Canal de Mozambique. A Port-Alfred cette 4e onde suivit la précédente à un intervalle de temps plus court qu'aux deux autres stations, de sorte que les ondes comptées à partir de l'arrivée de la première, ne purent plus concorder. Cela devait d'ailleurs être, puisque Port-Alfred est situé plus près du Canal de Mozambique.

Le fait que les oscillations ont été enregistrées à Port-Elisabeth beaucoup plus longtemps qu'à Port-Alfred, doit être attribué à ce que le marégraphe de la première de ces stations possédait une plus grande sensibilité, et peut-être aussi à ce qu'il était installé dans des conditions plus favorables.

Au moyen des heures d'arrivée de la première onde nous trouvons pour la profondeur moyenne de l'Océan Indien entre Krakatau et Port-Alfred 4367^m, entre Kr. et Port-Elisabeth 4200^m, entre Kr. et la Baie de la Table 3762 mètres. Ces résultats ont un grand intérêt, parce que de l'Océan Indien en général nous ne connaissons que très peu de profondeurs. Dans la partie comprise entre 10° et 30° Lat. S. et 65° et 110° Long. E. de Gr., il n'a même été fait (sauf trois sondages anciens, des années 1828 et 1839) aucune détermination bathométrique. L'onde du Krakatau, pour se rendre au Sud de l'Afrique et aux Mascareignes, a précisément traversé cette partie centrale inconnue, et les chiffres trouvés, 4150 à 4550 mètres, montrent que la profondeur y est à peu près la même que dans les parties avoisinantes de l'Océan Indien, où l'on a sondé des profondeurs de 2300 à 2500 brasses (4209 à 4575 mètres).

Vers la Baie de la Table la profondeur moyenne est naturellement

beaucoup moindre que vers les deux autres points, parce que dans cette direction l'onde devait passer par les eaux peu profondes au sud du Cap Agulhas — le banc d'Agulhas.

Dans l'*île de la Géorgie-du-Sud*, à Moltkehafen, un marégraphe, installé par les membres allemands de la Commission du pôle sud, fonctionnait le jour de l'éruption. Le diagramme de cet appareil a été publié par le Dr. NEUMAYER, de Hambourg (**410**), mais à très petite échelle.

De petites ondes d'une amplitude de $0^m.05$ apparurent dans la nuit du 26 au 27 Août et dans la matinée suivante; l'après-midi, à 1^h 43^m, l'eau commença à monter, elle atteignit son niveau maximum à 2^h 24^m, puis redescendit jusqu'à 2^h 52^m. L'amplitude de cette première grande onde était de $0^m.25$, sa période de $1^h \cdot 9^m$. Vinrent ensuite, dans la soirée du 27 Août, plusieurs ondes de $0^m.20$ d'amplitude, et dans la matinée du 28 Août plusieurs autres de $0^m.20$ et $0^m.30$, et même deux de $0^m.40$. Le 29 Août, l'après-midi, les ondes possédaient encore une hauteur de $0^m.15$ et $0^m.20$. En tout, depuis la première onde du 27 Août 2^h 24^m après-midi jusqu'au 29 Août 5^h après-midi, plus de 60 ondes furent inscrites.

La première perturbation a naturellement été causée par l'onde qui est arrivée à la Géorgie-du-Sud par le chemin le plus court, c'est-à-dire de l'Est, en doublant le Cap de Bonne Espérance. Parmi les perturbations suivantes, une partie doit probablement être attribuée à des ondes qui atteignirent l'île en venant de l'Ouest et passant au Sud du Cap Horn. Le diagramme ne nous apprend pas laquelle de ces ondes était la première.

Le grand cercle qui joint Krakatau à cette île passe à l'est de l'île Keeling, à l'est et au sud de l'île Kerguélen, au nord de la Terre-d'Enderby, et atteint son point le plus méridional par 18° Long. E. de Gr. et 67° 19′ Lat. S., c'est-à-dire très près du cercle polaire. Ce grand cercle ne recontre donc aucune terre, de sorte que l'onde pouvait se mouvoir en pleine liberté. La distance est de 6685 milles, et au voisinage de toute cette route deux sondages seulement ont

été effectués, savoir par 37° 30′ Lat. S. et 91° Long. E. et par 36° Lat. S. et 98° Long. E. de Gr., points où l'on a trouvé des profondeurs de 3987 et 4554 mètres.

De la vitesse de l'onde (voir la liste) se déduit pour la profondeur entre Krakatau et la Géorgie-du-Sud le chiffre singulièrement élevé de 6340 mètres. Ce chiffre me parut d'abord tellement invraisemblable que je crus devoir m'informer auprès de M. le Dr. Neumayer si les heures indiquées correspondaient bien au temps local de la Géorgie-du-Sud. La réponse m'assura que les indications d'heures en temps local méritent pleine confiance, d'où il suit que l'onde du Krakatau doit réellement avoir parcouru une mer de plus de 6000 mètres de profondeur.

Or, la *Gazelle* a sondé, en 1875, par 16° Lat. S. et 117° Long. E. de Gr., une profondeur de 5523 mètres, et par 34° 4′ Lat. S. et 104° 16′ Long. E. de Gr. 5276 mètres, d'où l'on a conclu, qu'à l'ouest de l'Australie existe un bassin profond, que l'on trouve désigné sur quelques cartes (entre autres sur la Planche A du *Handbuch der Oceanographie etc.*) sous le nom de »Bassin oriental de l'Océan Indien." Faute de sondages suffisants, l'extension de ce bassin est jusqu'ici complètement inconnue. De la grande profondeur indiquée par la vitesse de l'onde du Krakatau je crois devoir inférer qu'au S. S. O. de Java un bassin profond, de forme allongée, s'étend entre l'Australie, d'un côté, et les îles d'Amsterdam, de St. Paul et de Kerguélen, de l'autre. Ce bassin serait situé précisément sur le même grand cercle que la partie occidentale et la plus profonde du »fond de Tuscarora", à l'est du Japon et des Kouriles, tandis qu'entre ces deux bassins se trouvent les mers profondes de Banda (profondeur maxima 5121 mètres ([1])), de Célèbes (profondeur maxima 4755 mètres), de Soeloe (profondeur maxima 4664 mètres) et le bassin situé à l'est des Philippines (profondeur de 4500 à 6200 mètres).

Si l'on poursuit ce grand cercle à l'est, on voit qu'il longe assez exactement la côte occidentale de l'Amérique du Nord et du

---

([1]) Et même 4000 brasses, ou 7316 mètres, d'après un sondage plus ancien.

Sud, de sorte qu'il paraît réellement représenter une très ancienne région de dépression, suivant une ligne de fracture de notre globe ([1]).

Il est à souhaiter que l'Océan Indien, jusqu'ici beaucoup moins connu quant à ses profondeurs que l'Atlantique et le Pacifique, soit bientôt à son tour l'objet de sondages assez nombreux pour fournir des notions certaines sur la forme et l'étendue du bassin profond qui doit exister à l'ouest de l'Australie.

Les données relatives à l'heure d'arrivée de la première onde sur la Côte occidentale de l'Australie sont, comme nous l'avons vu plus haut, trop inexactes pour qu'on puisse en tirer quelque conclusion par rapport à ce bassin. Pour Krakatau-Perth (île Rottnest) nous n'avons trouvé que 2192 mètres, mais ce chiffre aussi est très incertain, et il ne permet nullement d'affirmer que la profondeur ne pourrait être ici notablement plus grande.

Les courbes du marégraphe de la *Baie Orange près du Cap Horn*, installé par la mission française du pôle sud, ne me sont pas parvenues jusqu'à ce jour. Pour l'instant de l'arrivée de la première onde j'ai admis, d'après M. Bouquet de la Grye (**411**), $8^h\ 10^m$ temps astronomique de Paris, correspondant à 28 Août $3^h\ 2^m$ du matin en temps civil de Krakatau. Le mouvement ondulatoire a donc eu besoin de $17^h\ 2^m$ pour parcourir la distance Krakatau-Cap Horn. Cette distance ne peut être comptée sur le grand cercle, car celui-ci passe très près du pôle sud, où l'onde aurait rencontré des terres. J'ai pris le trajet un peu au sud de la Géorgie-du-Sud, et trouvé alors pour la distance 7740 milles comme minimum, de sorte que la profondeur de 5606 mètres, qui en découle, est également un minimum. Ce chiffre, quoiqu'un peu plus petit que celui obtenu pour la Géorgie-du-Sud, confirme pourtant le fait que l'onde a traversé dans cette direction une mer remarquablement profonde, pourvu, bien entendu, que l'heure de l'arrivée de la 1ère onde soit exacte.

L'onde qui atteignit le Cap Horn en venant de l'*ouest*, et qui avait

([1]) C'est à peu près ce même grand cercle qui divise la surface du globe en deux moitiés, dont l'une contient le maximum possible de terre, l'autre le maximum possible d'eau.

pris son cours à l'ouest et au sud de l'Australie, a dû parcourir un trajet environ aussi long que l'onde venant de l'est. Le marégraphe aura donc reçu de chaque côté une série d'ondes, de sorte que le tracé, de même que celui de la Géorgie-du-Sud, doit présenter un grand nombre de petites ondulations, au moins si l'installation de l'appareil était favorable tant pour les ondes venant de l'ouest que pour celles arrivant du côté opposé.

Océan Pacifique. La propagation de l'onde dans l'Océan Pacifique ne peut être étudiée d'une manière suffisante à l'aide des données qu'on possède, bien qu'il ne soit pas douteux que, même à l'extrémité septentrionale de cette mer, une faible perturbation a encore été observée.

A *Talcahuano*, dans la baie de la Conception (Chili), est établie une échelle de marée, dont on fait la lecture toutes les demi-heures, mais seulement depuis 6 heures du matin, jusqu'à 6 heures du soir. Par suite de cette circonstance, la première onde n'a malheureusement pas été notée; le 28, à 6 heures du matin, une perturbation avait déjà lieu, et celle-ci, d'après le dessin, doit manifestement avoir été précédée de plusieurs autres perturbations, dans la nuit du 27 au 28 Août. Pendant toute la journée (28 Août), des ondes furent notées; à $7^h\ 30^m$ du matin se produisit le niveau le plus élevé, $+\ 0^m.80$, suivi, à $8^h\ 30^m$, d'un minimum de $\div\ 0^m.08$; de la différence, soit $0^m.88$, une petite partie, $0^m.18$ environ, doit être mise sur le compte de la marée, qui était descendante à cette heure; il reste donc environ $0^m.70$ pour l'amplitude de l'onde. Cette amplitude étant notablement plus grande que celle observée à la Géorgie-du-Sud, il est probable qu'à Talcahuano la perturbation est arrivée de l'ouest, et non de l'est, par le Cap Horn.

A la *Nouvelle-Zélande* et sur la *Côte orientale de l'Australie*, savoir à Wellington, à Auckland et à Sydney, des ondes ont également été remarquées (**413** à **415**). Le chiffre donné pour l'arrivée de l'onde à Wellington ne saurait se rapporter à la prémière onde, l'heure différant trop des heures indiquées pour Auckland et Sydney. Comme ces deux points étaient complètement protégés, par le grand continent d'Australie, contre l'onde arrivant de l'ouest, nous pouvons admettre,

en outre, que la perturbation était due à l'onde venant de l'est, c'est-à-dire par le Cap Horn.

Du Cap Horn à Auckland et à Sydney les distances sont de 4800 et de 5160 milles, les durées de propagation (voir la liste) de $20^h\ 21^m$ et de $22^h\ 41^m$, d'où il résulte pour la profondeur entre le Cap Horn et Auckland 1510 mètres, pour la profondeur entre le Cap Horn et Sydney 1405 mètres; ces chiffres n'ont rien d'invraisemblable, car l'onde doit s'être mue en grande partie près des terres antarctiques, où la mer ne possède probablement qu'une faible profondeur. Le grand cercle qui va du Cap Horn à Sydney se rapproche plus du sud que celui dirigé vers Auckland, ce qui explique sans doute pourquoi la profondeur calculée pour Sydney est moindre que celle trouvée pour Auckland.

Les indications du marégraphe de *Honolulu* ne me sont pas parvenues jusqu'ici.

A *Saucelito* (vis-à-vis de San-Francisco) et même à *Kadiak,* la grande île à l'est de la péninsule d'Alaska, les marégraphes ont encore enregistré des perturbations. L'amplitude des ondulations, surtout dans le second de ces lieux, est si faible toutefois, et les réductions photographiques des diagrammes, qui m'ont été envoyées, sont à si petite échelle, que la détermination de la première onde de la série reste très incertaine pour Kadiak.

La courbe du marégraphe de Saucelito commence à montrer de petites oscillations le 27 Août, après 2^h du matin (temps local); à $9^h\ 39^m$, $10^h\ 38^m$ et $11^h\ 49^m$ viennent trois ondulations plus fortes, quoique leur amplitude ne dépasse pas $0^m.10$ ($^1/_3$ de pied anglais). A $1^h\ 4^m$ après-midi apparaît la première grande onde, avec une amplitude de $^9/_{10}$ de pied ou $0^m.27$, onde qui est en même temps la plus grande de toute la série. Viennent alors 11 ondes plus petites jusqu'à 8^h du soir pendant la marée montante, ensuite rien que de petites ondes pendant la marée descendante, puis, le 28 Août à $1^h\ 40^m$ du matin, de nouveau une onde un peu plus forte, suivie d'ondes plus petites. La courbe présente des perturbations jusqu'au 29 Août $8^h\ 30^m$ du soir.

Le tracé de Kadiak commence, le 27 Août, après 2^h du matin, à accuser de très petits clapotis, qui continuent jusqu'au 29 Août 11^h du soir. L'amplitude reste toujours très faible, généralement de $0^m.08$; on peut seulement distinguer, le 27 Août à 5^h 7^m du soir, une onde de période un peu plus longue et d'une amplitude de tout au plus $^1/_2$ pied ($0^m.15$), et, d'une manière moins certaine, le 28 Août à 4^h 53^m du matin, une petite onde d'environ $0^m.10$ de hauteur.

En tenant compte de la différence de temps entre les deux stations, savoir 1^h 59^m, on voit que, des deux ondes principales, la première est arrivée 6^h 2^m plus tôt à Saucelito qu'à Kadiak, la seconde 5^h 12^m plus tôt.

De là ressort déjà cette conséquence, que l'onde n'a pas pu suivre le grand cercle dans la direction N. E. de Krakatau, car alors, la distance sur le grand cercle étant de 7577 milles marins jusqu'à Saucelito et seulement de 6100 milles jusqu'à Kadiak, l'onde aurait dû arriver en ce dernier point, non pas plus tard, mais plus tôt qu'au premier; la profondeur moyenne de la mer ne peut en effet, d'après les sondages effectués, différer bien notablement dans les deux directions.

En outre, la route en question, à travers les nombreuses îles dont elle est semée, devient tout-à-fait improbable quand on considère que, dans la mer très peu profonde de Java, l'onde a eu besoin de 15 heures pour aller de Krakatau à Soerabaya, et qu'en ce point son amplitude était déjà très faible. Aussi, sur la côte de Bornéo, n'a-t-on plus rien remarqué d'un mouvement extraordinaire de la mer.

Si donc la première perturbation de Saucelito doit être attribuée à l'onde du Krakatau, il faut que celle-ci ait atteint la côte occidentale de l'Amérique par une autre voie, soit par le chemin, long d'environ 11400 milles, qui passe au sud de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande, soit en se dirigeant à l'ouest vers le Cap Horn, puis au nord dans l'Océan Pacifique; ce dernier chemin a une longueur de 13860 milles, dont 7740 jusqu'au Cap Horn et 6120 du Cap Horn à Saucelito.

Même la plus courte de ces deux routes ne peut entrer en consi-

dération, vu que le trajet a été fait en 18^h 16^m, ce qui exigerait la vitesse de 624 milles par heure, correspondant à une profondeur de plus de 10000 mètres.

Enfin, la première perturbation aurait pu être occasionnée par le mouvement, mentionné ci-dessus, qui a eu lieu dans la mer de Banda ou à proximité, mer dont la distance à San Francisco est d'environ 1000 milles plus courte que celle de Krakatau. Mais, — sans compter que l'heure et le centre de production de ce mouvement ne sont pas connus, — dans ce cas encore la perturbation aurait dû être observée à Kadiak avant de l'être à Saucelito.

Il paraît donc que la première perturbation de ces deux stations *ne peut d'aucune manière être attribuée à l'onde du Krakatau*, mais qu'elle doit avoir une autre origine, que est probablement à chercher dans l'Océan Pacifique; du moins, le mouvement doit être venu du sud, puisque la perturbation a atteint Kadiak beaucoup plus tard que Saucelito.

La seconde perturbation, celle de 1^h 40^m après-midi à Saucelito, et de 4^h 53^m à Kadiak, peut être la conséquence de l'onde du Krakatau, qui alors, toutefois, doit avoir pris le chemin du Cap Horn. Car si cette onde était venue en contournant l'Australie et la Nouvelle-Zélande, une perturbation se serait produite à Sydney et à Auckland plusieurs heures avant de se faire sentir à Saucelito, tandis que cette perturbation n'y a eu lieu que plus tard.

Si l'on compte pour la distance du Cap Horn à Saucelito 6120 milles, et à Kadiak 8040 milles, la vitesse devient 442.4 et 422.4 milles par heure, et la profondeur moyenne du Cap Horn à la première station 5314, à la seconde 4844 mètres; bien qu'assez élevés, ces chiffres ne peuvent pourtant, eu égard au nombre encore restreint des sondages exécutés dans cet Océan, être jugés tout à fait invraisemblables.

Peut-être les données de Honululu fourniront-elles quelque éclaircissement ultérieur sur la propagation des ondes dans le Pacifique. Un marégraphe avait aussi été installé jadis à Mazatlan (Mexique), mais il a cessé de fonctionner.

Provisoirement, nous pouvons donc seulement dire que la première perturbation des deux stations n'est *certainement pas* due à l'onde du Krakatau, et que la seconde l'est *peut-être*.

Océan Atlantique. Nous ne possédons non plus, jusqu'ici, que des données incomplètes sur le mouvement de l'onde dans l'Océan Atlantique. Aucun renseignement n'a encore été reçu de S[te] Hélène, tandis qu'à l'Ascension il n'y a pas de marégraphe, et que sur la côte orientale du Brésil il ne paraît pas non plus être établi quelque part un appareil de ce genre.

A Colon (ou Aspinwall), sur la côte nord de l'isthme de Panama, et sur les côtes de l'Angleterre et de la France, on a signalé des perturbations, mais celles-ci ne peuvent être rapportées qu'en partie à l'onde du Krakatau, raison pour laquelle Rochefort est le seul de ces points que j'aie inscrit dans la liste.

La *perturbation de Colon*, du 27 Août 4 heures du soir au 28 Août 10 heures du matin, que M. DE LESSEPS attribue à l'onde du Krakatau (**419**[a]), doit, au moins si les indications d'heures sont exactes, être le résultat d'un ébranlement produit en un point beaucoup plus rapproché de Colon. La première onde atteignit son niveau le plus élevé le 27 Août à $4^h\ 6^m$ du soir, instant qui correspond, en temps de Krakatau, au 28 Août $4^h\ 27^m$ du matin; or, l'onde du Krakatau étant arrivée dans la Baie de la Table (Afrique du Sud) le 27 Août à $11^h\ 42^m$ du soir (voir la liste), il ne resterait que 4 heures $^3/_4$ ($4^h\ 27^m + 12^h - 11^h\ 42^m = 4^h\ 45^m$) pour faire le trajet, long de plus de 6500 milles, entre l'Afrique du Sud et Colon, ce qui est impossible, car la vitesse devrait alors s'élever à plus de 1300 milles par heure.

Cette perturbation a peut-être été occasionnée par la même action qui produisit la perturbation observée à Colon du 13 au 14 Octobre 1883 (**419**[b]), laquelle naturellement n'avait rien de commun avec l'éruption du Krakatau. M. DE LESSEPS attribue cette perturbation du mois d'Octobre à des tremblements de terre en Colombie et dans l'état de l'Equateur; mais, si cette explication était vraie, on ne comprendrait pas pourquoi, les jours en question, le marégraphe de

Panama n'a rien accusé d'anormal. Il me paraît donc probable qu'il y avait un centre d'action quelque part aux Antilles, et au Chapitre VI nous verrons que, non-seulement dans l'Amérique du Sud, mais aussi à l'île St Thomas, des secousses de tremblement de terre furent ressenties le 27 Août. Les renseignements laissent toutefois à désirer, en fait de détails.

Il est à remarquer que, le 27 Août, la perturbation du niveau de la mer, à Colon, commença très peu de temps après l'arrivée, en ce point, de la grande onde aérienne. Si l'on admet dans cette direction la même vitesse que nous avons trouvée pour Sydney, l'onde aérienne allant de l'Ouest à l'Est a dù arriver à Colon à 2^{h} 49^{m}, celle de l'Est à l'Ouest à 4^{h} 3^{m}, tandis que la première onde marine fut enregistrée par le marégraphe à 4^{h} 6^{m} (le tout en temps local de Colon). Comme Colon se trouve près de l'antipode de Krakatau, antipode où l'onde aérienne (l'anneau aérien) après s'être élargie à la surface terrestre jusqu'à la distance de 90° de Krakatau, se contracta de nouveau, on ne peut, à priori, juger absolument impossible que cette onde ait exercé quelque influence sur le niveau de l'eau.

Toutefois, à Kingston, dans l'île de la Jamaïque, — station qui, de toutes celles dont les observations barométriques me sont connues, est la plus rapprochée de l'antipode, — la différence entre les hauteurs maximum et minimum du baromètre ne s'éleva, le 27 Août, qu'à 0.04 *inch* = 1 millimètre (**419**^{c}). En outre, supposé même que la pression de l'air ait duré assez longtemps pour mettre l'eau en mouvement, la hauteur ($0^{m}.40$) de l'onde inscrite par le marégraphe me paraît trop considérable pour qu'on puisse l'expliquer par la seule pression de l'air. D'un autre côté, Panama et Colon sont si peu éloignés l'un de l'autre, que, dans l'hypothèse en question, l'eau du golfe de Panama aurait été mise en mouvement aussi bien que celle de la mer des Caraïbes, ce qui, d'après le marégraphe de Panama, n'a pas été le cas.

Enfin, la grande onde aérienne qui, à 10^{h} 15^{m} temps de Batavia, passa au-dessus de cette ville, et y produisit une augmentation de 5 millim. dans la pression de l'air, n'occasionna aucune perturbation

de quelque importance dans la courbe du marégraphe. La principale des ondes enregistrées entre $10^h\ 15^m$ et la grande onde de $12^h\ 36^m$, savoir la petite onde de $10^h\ 24^m$, qui même n'était probablement pas due à la pression de l'air, n'avait qu'une amplitude de $0^m.10$.

La pression de l'air dura manifestement trop peu de temps pour déterminer un mouvement des eaux.

Je ne saurais donc attribuer à cette pression de l'air, quelle qu'ait été sa valeur, une part tant soit peu importante dans la perturbation de la mer à Colon, et je pense que celle-ci n'a pu être occasionnée que par un tremblement de terre, ou une éruption sous-marine, aux Antilles ou dans la mer des Caraïbes.

Par suite, il devient également incertain si les ondulations remarquées sur les côtes de France (**419**^{d} et **419**^{e}) sont dues au Krakatau, ou bien au susdit ébranlement produit dans les Antilles.

D'après les photographies réduites qui m'ont été envoyées officiellement, les courbes des marégraphes de Socoa, de Rochefort et de Cherbourg accusent surtout des perturbations aux heures suivantes, en temps local des trois stations.

Socoa. De très petites irrégularités commencent le 27 Août, à $5^h\ 45^m$ du soir, et continuent jusqu'au lendemain matin. Le 28 Août, de $4^h\ 46^m$ du matin jusqu'à 1^h après-midi, se montrent plusieurs ondulations plus hautes que les précédentes, bien que leur amplitude reste toujours faible ($0^m.1$ au maximum). Des oscillations moins prononcées se voient ensuite pendant toute la soirée, et même encore pendant toute la journée du 29 Août.

Rochefort. Le 27, le marégraphe ne présente rien de particulier; le 28, une perturbation a lieu entre 10^h du matin et 4 heures du soir; l'amplitude des ondes s'élève à environ $0^m.3$ et est donc plus grande qu'à Socoa, mais des ondes correspondantes aux premières petites ondes de Socoa n'ont pas été inscrites. La première onde atteignit le maximum le 28 Août à $10^h\ 29^m$ du matin, ce qui, selon M. Bouquet de la Grye (**419**^{d}), correspond à $9^h\ 29^m$ sur la côte. Ce dernier chiffre a été admis dans ma liste.

Cherbourg. La courbe du 27, sauf une couple de très petites

déviations, est normale. Le 28, une première perturbation se produit depuis 4^h jusqu'à 7^h du matin (l'onde principale tombe à 6^h 30^m), puis une seconde de 9^h à 12^h du matin, à marée basse (la première onde est inscrite à 9^h 57^m); ensuite une troisième, encore assez importante, le 29 de 4^h à 6^h 30^m du matin, à marée haute; enfin, une quatrième et faible perturbation de 11^h à 12^h 30^m de l'après-midi, à marée basse. On retrouve donc ici les ondes notées à Socoa pendant les premières heures du 28 Août, mais il est impossible de reconnaître sur les courbes quelle onde de Cherbourg correspond à l'onde de Socoa de 4^h 46^m du matin; c'est probablement l'onde de 6^h 30^m du matin. L'amplitude des ondes est aussi très petite, au-dessous de $0^m.1$.

Le Havre. On ne remarque, le 28 et le 29, que de faibles déviations, à marée haute comme à marée basse; la perturbation principale tombe entre 11^h du matin et 2^h après-midi, le 28.

Les courbes des marégraphes de Devonport, de Portland et de Dover, que j'ai également reçues par voie officielle, montrent les particularités suivantes:

Devonport. La première perturbation a lieu le 28 Août de 6—9 heures du matin, à marée basse; une onde très marquée est inscrite à 7^h 20^m; la seconde perturbation dure de 11^h du matin à 5^h du soir, la première onde un peu haute tombe à 11^h 30^m; la troisième perturbation dure de 8 à 10 heures du soir; le 29, la courbe est de nouveau normale; l'amplitude des ondes atteint environ $0^m.1$.

Portland. De petites oscillations sont inscrites d'une manière continue depuis le 27, 7 heures du soir, jusqu'au 29, 7 heures du soir. La première onde un peu prononcée est enregistrée à 8 heures du matin, le 28; l'amplitude n'est que de $0^m.03$.

Dover. La courbe du marégraphe ne présente, du 27 au 29 Août, rien de particulier, pas même de petites irrugularités.

La comparaison de ces données me porte à croire que la perturbation proprement dite commença par l'arrivée à Socoa de l'onde de 4^h 46^m du matin, 28 Août, la même onde qui atteignit Cherbourg

à $6^h 30^m$ (?), Devonport à $7^h 20^m$ et Portland à 8 heures; à Rochefort cette onde n'a p'as été enregistrée.

La différence de temps entre Socoa et Krakatau est de $7^h 8^m$; $4^h 46^m$ mat. temps de Socoa équivaut donc à $11^h 54^m$ mat. temps de Krakatau. En admettant que cette perturbation soit occasionnée par notre grande onde du Krakatau, le trajet jusqu'à la côte de France aurait duré $11^h 54^m + 24^h - 10^h = 25^h 54^m$; et si, avec M. Bouquet de la Grye, nous prenons la distance égale à 11700 milles, la vitesse serait de $\frac{11700}{25.9} = 451.7$ milles marins à l'heure, donnant 5540 mètres pour la profondeur moyenne de la mer.

Ce chiffre est déjà trop fort; pour l'océan Indien, entre Krakatau et l'Afrique méridionale, nous avons trouvé une profondeur de 3760 mètres, et pour la profondeur moyenne de l'Atlantique j'ai obtenu, à l'aide d'un profil de la Baie de la Table à Socoa, une valeur peu supérieure à 4200 mètres (4219 m.), de sorte que la profondeur moyenne entre Krakatau et la France sera notablement moindre que 5540 mètres, et probablement d'environ 4000 mètres. En outre, pour l'Atlantique seul, nous arriverions à un chiffre encore beaucoup plus fort, et par conséquent plus improbable, en prenant pour point de départ la Baie de la Table. La distance de la Baie de la Table à la côte de France est de $11700 - 5100 = 6600$ milles, et la propagation aurait duré $25^h 54^m - 13^h 42^m = 12^h 12^m$; de là résulteraient: $a = 541.0$, $v = 278.8$ et $h = 7945$ mètres; ce dernier chiffre met très nettement en évidence que la perturbation principale de Socoa et les perturbations correspondantes de la côte d'Angleterre ne peuvent pas avoir été produites par l'onde du Krakatau.

De la profondeur moyenne que j'ai obtenue pour l'océan Altantique sur la ligne Baie de la Table—Socoa, savoir $h = 4219$ mètres, on déduit: $a = 394.2$, de sorte que le temps nécessaire pour parcourir cette distance est: $t = \frac{6600}{394.2} = 16^h 45^m$, offrant avec $12^h 12^m$ (voir ci-dessus) une différence de $4^h 33^m$.

Les ondes qui, à Socoa, ont été enregistrées environ 4 heures $^1/_2$

après la première perturbation, *peuvent* donc, en ce qui concerne le temps, provenir de Krakatau. A Socoa, ces ondes postérieures sont très insignifiantes. A Rochefort, à Cherbourg et au Havre, toutefois, il a été inscrit le 28 Août, entre 9^h du matin et midi, de petites ondes qui très probablement étaient dues au Krakatau.

La première onde a été enregistrée à Rochefort à $10^h\ 29^m$ du matin, à Cherbourg à $9^h\ 57^m$, au Havre environ $1^h\ ^1/_2$ plus tard qu'à Cherbourg, et à Devonport à $11^h\ 30^m$ du matin.

Comme Rochefort n'est pas situé au bord de la mer, le chiffre relatif à ce point doit recevoir une correction, de 1 heure suivant M. Bouquet de la Grye (**419**[d]), si l'on veut connaître l'instant où l'onde est arrivée à la côte. Cela donne pour cet instant $9^h\ 29^m$. Avec ce chiffre ont été calculées la vitesse de l'onde et la profondeur de la mer entre la Baie de la Table et la côte de France (voir la liste); on arrive ainsi à la valeur très probable de 4140 mètres pour la profondeur moyenne de l'Atlantique sur la route Baie de la Table—France, tandis qu'à l'aide d'un profil de la Baie de la Table à Rochefort j'ai trouvé 4157 mètres, valeur qui, eu égard au nombre restreint des sondes connues, s'accorde extraordinairement bien avec la valeur déduite de la vitesse de l'onde.

En calculant directement la vitesse sur la distance totale Krakatau—France, on obtient $a = 382.4$ milles, ou $v = 197.0$ mètres, d'où $h = 3969$ mètres. Cette profondeur doit évidemment s'accorder à peu près avec la valeur suivante:

$$\frac{5100 \times 3762 + 6600 \times 4140}{11700} = 3975$$ mètres, et la différence n'est, en effet, que de 6 mètres.

On voit donc que le 28 Août, de grand matin, fut observée sur la côte de France une perturbation, qui venait de l'*Ouest*, et qui naturellement atteignit en premier lieu Socoa ($4^h\ 46^m$), parce que la mer possède, jusque tout près de cette station, une profondeur considérable. Les marégraphes de Cherbourg ($6^h\ 30^m$), de Devonport ($7^h\ 20^m$) et de Portland (8^h) enregistrèrent également cette perturbation, tandis que celui de Rochefort n'en a

rien ressenti, probablement parce qu'il n'est pas établi sur la côte même.

Cette *première* série d'ondes ne peut provenir de Krakatau, pas plus que les ondes de Colon. La première onde de cette dernière localité fut inscrite le 28 Août, à 4^h 27^m du matin temps de Krakatau, et celle de Socoa à 11^h 54^m temps de Krakatau, soit une différence de 7^h 27^m. Or, si la cause résidait par exemple près de l'île S[t] Thomas, il se peut très bien que l'onde, pour aller à Socoa, ait eu besoin de 7^h $^1/_2$ de plus que pour faire le trajet de Colon, quatre fois plus court.

La première perturbation a été suivie sur les côtes de la France et de l'Angleterre par une *seconde*, due à une série d'ondes qui venaient très probablement du *Sud*, vu que le marégraphe de Socoa les accusa à peine. Contre de pareilles ondes, en effet, Socoa était bien abrité par la saillie de l'angle N. O. de l'Espagne, de sorte que le mouvement n'y arriva que très affaibli. Mais à Rochefort (9^h 29^m), à Cherbourg (9^h 57^m), à Portland (heure indistincte), au Havre (env. 11^h 30^m) et à Devonport (11^h 30^m) (¹) ces ondes furent nettement enregistrées, et il y a un haut degré de probabilité pour qu'elles proviennent de Krakatau. Sur ce long trajet les ondes suivirent une mer qui, en chiffres ronds, possède une profondeur moyenne de 4000 mètres, et elles doivent avoir passé tout près du Cap Agulhas.

Si, comme nous l'admettons, le mouvement ondulatoire, après avoir contourné la pointe sud de l'Afrique, s'est réellement progagé au nord dans l'océan Atlantique, il faut que cela ressorte aussi de la courbe du marégraphe de S[te] Hélène. D'après la profondeur moyenne de la mer, l'onde doit alors avoir atteint ce point le 27 Août vers 9 heures du soir (temps local).

Il n'est pas impossible, enfin, que la troisième perturbation de Cherbourg, celle du 29 Août, entre 4^h et 6^h 30^m du matin, doive être attribuée à l'onde de Krakatau qui passa au sud de l'Australie, alla

(¹) On ne s'explique pas bien pourquoi à Devonport, ainsi qu'il parait résulter des courbes des marégraphes, les perturbations, tant la première que la seconde, furent inscrites 1 h. à 1^h $^1/_2$ plus tard qu'à Cherbourg, situé vis-à-vis.

au Cap Horn et s'infléchit ensuite pour pénétrer dans l'océan Atlantique. A cet égard encore, la station Ste Hélène pourra seule fournir des éclaircissements.

Dans les calculs qui précèdent, il a été supposé que le mouvement s'opère d'une manière uniforme sur toute la distance parcourue, ce qui naturellement ne peut être exact, puisque la profondeur de la mer n'est pas partout la même et que la vitesse varie donc continuellement. Or, la vitesse est proportionnelle, non à la profondeur, mais à sa racine carrée, d'où il suit que les profondeurs déduites de la vitesse de propagation ne peuvent être que des approximations.

Un exemple éclaircira ce qui vient d'être dit. Supposons qu'entre deux points, éloignés l'un de l'autre de 4500 milles, la mer ait une profondeur de 2500 mètres sur les 1500 premiers milles, de 4000 mètres sur les 1500 milles suivants, et de nouveau de 2500 mètres sur les 1500 derniers milles. Des profondeurs h = 2500 et = 4000 il résulte a = 303.46 et = 383.85, de sorte que les trois sections sont parcourues en $4^h\ 57^m$, $3^h\ 54^m$ et $4^h\ 57^m$, ou, ensemble, en $13^h\ 48^m$. S'il fallait maintenant, à l'aide de ce temps, calculer la profondeur, nous trouverions: $a = \frac{4500}{13\frac{48}{60}} = 326.1$ puis h = 2887, chiffre qui présente déjà, avec la profondeur moyenne réelle de 3000 mètres, une différence de 113 mètres. Il est vrai qu'entre la section médiane et les deux sections extrêmes nous avons admis une différence de profondeur assez considérable; si la section médiane, au lieu de 4000 mètres de profondeur, n'en avait que 3000, l'erreur de la profondeur moyenne calculée ne s'élèverait qu'à 22 mètres.

Néanmoins, cet exemple fait suffisamment ressortir qu'on ne peut et ne doit demander une exactitude parfaite à nos chiffres de profondeur obtenus par le calcul.

Dans ces calculs il n'a pas non plus été tenu compte des courants de la mer. La plupart de ces courants n'ayant toutefois qu'une

vitesse d'un très petit nombre de milles par heure, ils ne peuvent, en présence des énormes vitesses — 300 à 450 milles — de notre onde de Krakatau, exercer une influence bien sensible sur la durée de propagation et sur les profondeurs calculées de la mer (**419'**).

Ces vitesses ne sont comparables qu'à celles de l'onde de la marée lunaire et des ondes qui se formèrent à la suite des tremblements de terre de Simoda, au Japon, le 23 Décembre 1854, de Tacna, au Pérou, le 13 Août 1868, et de Iquique, au Pérou, le 9 Mai 1877 (**420** à **422**).

M. von Hochstetter a reconnu que les ondes de 1868, dans leur trajet de l'Amérique du Sud à l'Australie, avaient la même vitesse que l'onde de la marée lunaire d'après la carte des isorachies de Whewell ; il devait d'ailleurs en être ainsi, car à *toutes* les longues ondes s'applique la même formule, $v = \sqrt{gh}$, et la vitesse ne dépend donc que de la profondeur de l'océan.

Si notre connaissance de la propagation de l'onde de Krakatau dans les Océans Pacifique et Atlantique reste très imparfaite, la faute en est uniquement à l'insuffisance du nombre des marégraphes sur les côtes de ces mers.

On ne saurait assez recommander aux divers Gouvernements, surtout à ceux des nations maritimes, de multiplier en des points favorablement situés du littoral et des îles, ces »guetteurs de l'Océan", dont les indications doivent être estimées du plus haut intérêt pour la navigation pratique, non moins que pour la science.

VI.

PHÉNOMENES VOLCANIQUES

OBSERVÉS, DURANT L'ÉRUPTION DU KRAKATAU, EN D'AUTRES POINTS DE L'ARCHIPEL INDIEN ET EN DEHORS DE CET ARCHIPEL.

Jusqu'ici nous avons considéré l'éruption du Krakatau en elle-même, et non dans ses rapports avec d'autres actions volcaniques.

C'est à ce dernier point de vue que nous allons maintenant nous placer, en commençant par les tremblements de terre qui ont été observés dans l'Archipel Indien depuis le 1er Janvier 1883 jusqu'au 31 Décembre 1884.

Dans les »Notes" on trouvera une liste de ces tremblements de terre, composée à l'aide des nouvelles données par le *Javasche Courant* et de quelques communications de fonctionnaires et de particuliers, non publiées dans ce journal (**123**).

Ce relevé montre qu'en 1883 on a observé 60 et en 1884 jusqu'à 78 secousses plus ou moins fortes de tremblement de terre, contre 47 seulement en l'année 1882 (**124**). De ces chiffres il semblerait donc résulter que les tremblements de terre ont beaucoup augmenté en nombre de 1882 à 1884, mais ce n'est là, en grande partie du moins, qu'une augmentation apparente. Tandis qu'avant l'éruption on ne donnait ordinairement connaissance par voie officielle que des secousses un peu importantes, depuis la catastrophe, qui dans l'Inde entière fit une impression profonde, tous les tremblements de terre, si insignifiants qu'ils fussent, ont été signalés avec le plus

grand soin, de sorte que la fréquence en paraît maintenant beaucoup plus grande qu'autrefois. Les renseignements relatifs à l'intensité étant généralement très confus, les secousses faibles ne se laissent pas bien distinguer des fortes, et il serait donc possible que le rapport des tremblements de terre notables, dans les trois années en question, fût très différent, et même inverse, de celui qu'indiquent les chiffres.

Dans les quatre derniers mois de 1883, toutefois, mois qui suivirent la grande éruption, les tremblements de terre ont réellement été plus nombreux qu'à l'ordinaire, et parmi eux il y en a eu plusieurs d'assez intenses. Le maximum de l'activité volcanique tombe incontestablement à la fin du mois d'Août, mais après cette époque le sol n'était encore nullement en repos. Au chapitre précédent (p. 121) nous avons déjà énuméré 9 secousses qui ont été ressenties, en 1883, sur les côtes et au voisinage du détroit de la Sonde, et nous avons signalé le fait remarquable que, le 18 Septembre, le phare de Java's 1e punt fut visité, en même temps qu'une partie du Bantam, par un tremblement de terre qui laissa loin derrière lui, quant à l'intensité, les autres secousses de cette année. Rien, par contre, ne fut remarqué à Java's 1e punt d'un tremblement de terre qui s'étendit, le 6 Décembre, à une grande partie du Bantam, de sorte que cette commotion avait probablement une autre origine que les secousses de notre fente transversale.

Les faits observés paraissent indiquer que les secousses antérieures, dans le détroit de la Sonde, ont été plutôt la cause que la conséquence de l'éruption, en ce sens que les glissements le long de la fente, ou les effrondrements souterrains, favorisèrent, depuis 1880, la pénétration de l'eau de la mer.

En 1884, les seuls tremblements de terre ressentis aux alentours du détroit de la Sonde, sont les suivants (**123**):

N°. 65. 31 Janvier. Vlakke Hoek, 1^h 30^m soir, secousses légères.
N°. 66. 6 Février. Vlakke Hoek, 10^h 30^m soir, secousses légères.
N°. 67. 10 Février. Vlakke Hoek, 9^h 30^m soir, secousses légères.
N°. 83. 29 Avril. Menès (Bantam), 8^h 30^m soir.
N°. 121. 7 Octobre. Malimping (Bantam), 12^h 10^m de l'après-midi.

On pourrait en conclure que, dans les derniers temps, le fond du détroit a été dans un état de repos relatif.

Dans la liste **123** j'ai mentionné aussi les éruptions des volcans de l'Archipel Indien, et il en ressort ce fait remarquable, que plusieurs de ces volcans ont été actifs en même temps que le Krakatau.

Le 13 *Avril* 1883, le Lamongan, dans l'Est de Java, entra en éruption et rejèta des cendres jusqu'au 15 Avril (**125**).

Du 20 *au* 22 *Mai* eut lieu la première forte éruption du Krakatau.

Le 5 *Juin*, donc 14 jours après la première éruption du Krakatau, le Merapi, volcan de Sumatra, donna des signes d'activité, consistant en une petite éruption de cendres (**126**).

Le 25 *Juillet*, commença à s'élever dans l'ancien cratère du Merapi, volcan de Java, un nouveau cône d'éruption, qui en Décembre 1883 avait acquis une hauteur de 132 mètres (**127** et **128**).

Le 25 *Août*, à 4 heures du soir, fut ressentie à Koeningan (Cheribon) une faible secousse horizontale de tremblement de terre, dirigée O.—E.; à 8 heures du soir on entendit des bruits souterrains assez forts, puis tout redevint tranquille jusqu'au 26 Août 6 heures du soir, de sorte que les bruits en question ne peuvent être confondus avec ceux du Krakatau, qui ne commencèrent que 24 heures plus tard.

Pendant la nuit du 25 *au* 26 *Août* eut lieu une éruption du Goenoeng Api, dans l'île Grand-Sangi (Rés. Menado). La mention que le volcan aurait rejeté de l'eau bouillante, a été plus tard reconnue inexacte; l'activité du volcan ne se prolongea pas non plus du 25 jusqu'au 28 Août, mais resta bornée à la nuit du 25 au 26; le rapport dit que de grandes colonnes de »feu" s'élevaient du cratère du Goenoeng Api; il n'y est pas question de pluie de cendre. »Le phénomène était accompagné de sourds grondements souterrains (pas de tremblement de terre), tandis que, cette nuit et les trois jours suivants, des bruits semblables à des coups de canon furent entendus par intervalles, dans toute la province."

Les bruits du 26 et du 27 Août provenaient évidemment du Krakatau.

Le 27 *Août* on observa dans la plupart des îles du groupe Sangi,

et jusque dans l'archipel Talaut, un tremblement de mer, qui toutefois ne causa pas de désastres (**429** et **430**).

Le 27 *Août,* à 8 heures $^1/_2$ du matin, eut lieu une première éruption de cendres du Merapi (Sumatra); à $10^h\ 50^m$, une seconde éruption, pendant laquelle, à Padang-Pandjang, on entendit distinctement des détonations; plus tard il fut reconnu que ces détonations venaient du Krakatau (**431**).

Le 27 *Août,* à 3 heures du matin, un tremblement de terre (?) horizontal fut ressenti à Bondjol (Côte-Ouest de Sumatra) (**432**).

Les 26 *et* 27 *Août* il y eut un tremblement de mer dans tout l'archipel des Moluques, et aussi un tremblement de terre à Amboine et un glissement ou effondrement de terrain au pied du Goenoeng Api (Banda).

A Amboine, le mouvement de la mer commença le 26 Août à minuit, et dura tout le jour suivant (27 Août); l'eau ne s'éleva pas au-dessus du niveau du flux ordinaire.

A Lonthoir (Grand-Banda) le tremblement de mer fut observé dès le 26 Août, à Neira (Petit-Banda) le 27 à $2^h\ ^1/_2$ du soir jusqu'au 28 à $2^h\ ^1/_2$ du matin.

Le mouvement eut le plus de force le 27 Août, à $6^h\ ^1/_2$ du soir.

La nouvelle que le Goenoeng Api (à l'ouest de Neira) avait été en éruption, reposait sur une erreur, comme on l'a reconnu plus tard; des pierres auraient seulement roulé sur les flancs de la montagne, ce qui arrive plus souvent.

De prime-abord, on avait aussi attribué à ce volcan les détonations du Krakatau.

A Neira on a cru sentir, à $1^h\ ^3/_4$ après-midi (27 Août), quelques légères vibrations de tremblement de terre, dirigées de l'Ouest à l'Est, mais peut-être ces vibrations étaient-elles également dues au Krakatau.

A Amboine un tremblement de terre se produisit à 4 heures du soir (27 Août). (Voir la Note **423**, tremblement de terre N°. 27).

Plus tard on a encore constaté qu'au pied sud-est du Goenoeng Api, près de Neira, une pièce de terre ayant une hauteur de 2 à 5 mètres au-dessus du niveau de la mer et une superficie de 1 à $1^1/_4$ bouw

(7100 à 8875 mètres carrés), s'était affaissée et avait complètement disparu.

Comme l'affaissement de cette pièce aura naturellement entraîné l'immersion subite d'une grande masse de terrain, il est très possible que cet effondrement ait occasionné le mouvement de la mer, ou du moins y ait contribué; l'heure de l'effondrement, ni même la date exacte, 26 ou 27 Août, ne sont connues.

Sur les côtes de la division Wahaai (Céram) le tremblement de mer fut également observé, le 27 Août, vers 7h 1/2 du soir (**433**).

D'après le rapport du controleur de Saleyer (Célèbes), on remarqua aux îles Saleyer, Bonerate et Tanah Djampea (situées entre Célèbes et Florès), dans la matinée du 27 Août, que la mer baissa subitement d'un demi-mètre et un peu après monta d'un demi-mètre, phénomène qui se répéta trois fois (**434**).

Un mouvement de la mer fut observé aussi dans plusieurs des îles de la résidence Timor.

La nouvelle donnée par le maître de poste de Endeh, à Florès, que le Goenoeng Api-Keo, volcan de cette île, aurait été actif le 28 Août, a été reconnue inexacte.

A l'île Savoe, le 27 Août, entre 4h 1/2 et 10 h. du soir, l'eau monta trois fois, la seconde fois jusqu'au-dessus du niveau de haute mer (**435** et **436**).

Il est à peine besoin de montrer que ce tremblement de mer ne saurait être mis sur le compte des ondes de Krakatau.

La grande onde de Krakatau n'arriva que le 28, de bon matin, à Soerabaja, et il n'est donc pas possible que cette même onde ait déjà été observée le matin du 27 Août à Saleyer, ou à 2h 1/2 de l'après-midi à Banda. D'un autre côté, à Amboine et à Lonthoir, le tremblement de mer commença dès le 26 Août.

Le mouvement de la mer à Savoe ne peut pas non plus être attribué à l'onde de Krakatau qui se propagea le long de la côte sud de Java, car ce mouvement commença à Savoe à 4h 1/2 du soir, tandis que l'onde de Krakatau n'arriva qu'à 5h du soir à Tjilatjap.

Je pense que ce tremblement de mer, qui fut de longue durée,

et qui se fit sentir sur une grande surface — depuis l'archipel de Talaut au nord jusqu'à Timor au sud, et depuis Saleyer à l'ouest jusqu'à Banda et Céram à l'est — a été la suite d'un tremblement de terre, ou d'une éruption sous-marine, dans la mer de Banda.

A ce mouvement peuvent, bien entendu, avoir contribué les éruptions de Sangi, le tremblement de terre d'Amboine du 27 Août, et l'effondrement d'une partie du Goenoeng Api près de Neira; mais, quelle part ces phénomènes eurent dans le tremblement de mer, et où doit être cherchée la cause principale, le centre du mouvement, c'est ce que les données n'indiquent pas clairement.

En tout cas, il en ressort que durant l'éruption du Krakatau il y a eu aussi dans l'archipel des Moluques un centre d'activité. Il n'est pas improbable que le premier mouvement de la mer, qui commença dès le 26 Août, a été le résultat de commotions de l'écorce terrestre, tandis que celui qui fut observé, le 27, à $6^h\ 1/_2$ du soir à Neira et à $7^h\ 1/_2$ à Wahaai, devrait être rapporté surtout à l'effondrement, nullement insignifiant, d'une partie du Goenoeng Api, près de Neira.

Plus haut, p. 432, nous avons déjà mentionné que ce mouvement de la mer s'est propagé jusqu'à Soerabaja et ses environs, où il a été enregistré par les marégraphes, quelques heures avant l'arrivée de l'onde de Krakatau.

Nous trouvons donc simultanément en activité, au mois d'Août: le Goenoeng Api à Sangi, un point des Moluques, le Merapi à Java, le Krakatau et le Merapi à Sumatra — coïncidence assurément très remarquable.

Je citerai encore un phénomène observé en un autre point de l'Archipel, et qui, bien que sans rapport direct avec le Krakatau, témoigne de l'accroissement de pression qui existait, à l'époque de l'éruption de ce volcan, dans les espaces souterrains.

Le résident de Bali rapporte que, étant en tournée dans le Boeleleng oriental (île de Bali), il a appris qu'au mois d'Août, pendant l'éruption du Krakatau, l'eau des puits de Bondalem, profonds d'environ 15 brasses, avait tellement monté, qu'elle n'était plus qu'à environ 2 brasses du bord.

Le niveau de l'eau ne peut avoir été influencé par les ondes de Krakatau, ou par le tremblement de mer, ces phénomènes n'ayant été remarqués en aucun point du Boeleleng. Bondalem est situé à 30 kilomètres à l'est de Boeleleng, à $1\,^1/_2$ kilom. du rivage, et à environ 100 mètres au-dessus du niveau de la mer (**437**).

Par le capitaine Ferzenaar, à Pandeglang (Bantam), j'avais été informé que l'assistant-wedana de Parakan ou Bodjong (division Tjaringin) assurait avoir vu, le 27 Août au matin, de la fumée sortir de terre, en un endroit situé à environ 300 mètres de sa maison et affectant plus ou moins la forme d'un bassin. Il n'avait observé ce phénomène qu'une seule fois, l'obscurité étant survenue peu de temps après. Ayant visité cette localité, qui se trouve à 22 kilomètres au sud de Pandeglang, j'ai constaté que le sol, aux environs, consiste uniquement en argile brune diluvienne. La dépression en forme de bassin est occupée au centre, dans la saison des pluies, par un petit marais peu profond; les buttes qui l'entourent n'ont pas plus de 6 à 8 mètres de hauteur. Rien, dans l'argile, n'indique qu'elle soit déposée en couches; l'endroit ne suggère *pas* l'idée d'un de ces anciens petits cratères sous-marins qu'on rencontre ailleurs dans le Bantam, et qui sont ordinairement entourés de couches inclinées de lapilli. Bien que la véracité de l'assistant-wedana ne puisse être mise en doute, je crois devoir admettre que son observation repose sur une méprise; la cendre, qui était tombée en ce point depuis dimanche soir, soulevée par un tourbillon de vent, aura fait l'impression d'une colonne de fumée sortant de terre.

Des informations analogues ont été reçues de divers autres lieux, par exemple du Radja Bassa, mais jamais on n'a pu en constater l'exactitude.

Pour ne rien passer sous silence, je mentionnerai encore que, en Octobre et Novembre 1882, les puits du fort de Teloeq Betoeng s'étaient appauvris de plus en plus et finalement étaient restés presque à sec, ce qui, après les éruptions de 1883, fut également attribué au Krakatau. Un examen fait sur les lieux m'a appris que la source s'était simplement déplacée; l'eau s'échappait maintenant au pied de

la colline sur laquelle est bâti le fort, en un point où jadis il n'y avait pas d'écoulement, à environ 10 mètres plus bas que le fort et à 80 mètres en dehors de son enceinte.

C'est là un phénomène très ordinaire, qui se produit chaque fois qu'à la suite d'affouillements ou de petits glissements de terrain l'eau infiltrée peut trouver une nouvelle issue, et qui ne peut être en connexion avec le Krakatau.

Poursuivons maintenant l'énumération des éruptions qui eurent lieu dans l'Archipel *après* le mois d'Août.

En Décembre, le Merapi de Sumatra entra en action à plusieurs reprises (**438**).

Du 6 au 11 Janvier 1884 le Lamongan redevint actif. Des bruits furent entendus et du feu (?) fut vomi (**439**).

Du 14 au 16 Avril 1884 eut lieu une nouvelle éruption du Lamongan, qui lança des pierres et du feu (?) et fit entendre des bruits (**440**).

Le 8 Août 1884, et les jours suivants, le volcan Rendjani, à Lombok, rejeta de la fumée et de la cendre (voir **423**).

Le 10 Décembre 1884, de la cendre, provenant du Semeroe, tomba dans une partie de la résidence Pasoeroean (voir **423**).

Cette éruption est la dernière qui ait eu lieu, en 1884, dans l'Archipel.

J'ajouterai qu'en Décembre 1883 j'ai visité la source chaude du volcan Poeloesari dans le Bantam, et que cette source bouillonnait beaucoup plus fortement qu'autrefois.

La grande source chaude du Diëng, la Kawah-Kidang, jaillissait aussi, ce mois-là, avec plus d'énergie que précédemment.

Ci-dessus j'ai déjà mentionné le nouveau cône de scories qui s'est formé dans l'ancien cratère du Merapi de Java, volcan dont je fis l'ascension ce même mois. Le cône augmente peu à peu de hauteur, et de temps en temps des colonnes de fumée s'en échappent.

Beaucoup de volcans des Indes présentent donc un accroissement d'activité, et bien que le maximum de l'action paraisse avoir eu lieu le 27 Août 1883, on ne peut pas dire que l'Archipel soit déjà entré

dans une période de calme, puisque des éruptions volcaniques et des tremblements de terre se produisent encore continuellement.

Sans vouloir donner, bien entendu, la liste complète des phénomènes de nature volcanique qui se sont produits, en 1883, sur toute la surface de la terre, nous allons pourtant jeter un coup-d'oeil sur quelques points, étrangers à notre Archipel, où l'on a signalé, pendant cette année, des éruptions et des tremblements de terre remarquables.

Notre attention est tout d'abord attirée par les tremblements de terre qui, du 26 au 29 Août, ont été ressentis sur une grande étendue de l'Australie, surtout dans la partie Nord-Est.

Le 26 et le 27 Août, des secousses se manifestèrent, d'après une première annonce, à Daly Waters, Alice Springs et Undoolga, points situés à proximité de la ligne télégraphique d'Adélaïde à Port Darwin. Suivant des informations postérieures, toutefois, on aurait reconnu que c'étaient des détonations et des vibrations aériennes, provenant du Krakatau.

Dans la nuit du 26 au 27 Août, entre minuit et 1 heure, des secousses furent éprouvées à Bawral, à Crookwell (Nouvelle-Galles du Sud) et à Goulbourne. C'étaient probablement de vrais tremblements de terre, la distance à Krakatau étant trop grande pour qu'on puisse y voir des vibrations de l'air.

28 *Août.* Des secousses de tremblement de terre furent ressenties sur la côte orientale de la Tasmanie (Terre de van Diemen).

29 *Août.* A Patea, dans la Nouvelle-Zélande, à 160 kilomètres au nord de Wellington, on observa — à $3^h\ ^1/_2$ ou $4^h\ ^1/_2$ du matin — un violent tremblement de terre. Une onde marine arriva le matin à 4 heures sur la côte nord de la Nouvelle-Zélande; pendant tout le jour, jusqu'à 10 heures du soir, la mer fut agitée. La perturbation du niveau des eaux doit probablement être attribuée à l'onde du Krakatau qui était arrivée en passant au sud du cap Horn (voir le

Chapitre précédent), et non au tremblement de terre qui, comme il sera dit ci-dessous, avait eu lieu 1 heure plus tôt à Queensland, et qui fut aussi ressenti à la Nouvelle-Zélande.

29 *Août.* A 8 heures (?) du matin, suivant le Dr. J. HECTOR, de Wellington, Nouvelle-Zélande, des ondes furent observées sur la côte de l'île; dans le grand lac Taupo, situé à 1170 pieds au-dessus du niveau de la mer, l'eau s'éleva et s'abaissa deux fois dans l'espace de 40 minutes.

29 *Août.* Dans la partie sud de Queensland, côte orientale de l'Australie, des tremblements de terre furent ressentis le matin, vers 3 heures et après 4 heures, en un grand nombre de lieux, notamment à Brisbane, Bulimba, Indooroopilly, Kelvin Grove, Enoggera, Ipswich, Gatton, Toowoomba, Dalby, Tewantin, Gympie, Marybourough, Nanango, Gayndah, Mount-Perry, Bundaberg, Bustard-Head, Gladstone, et Rockhampton. Les secousses furent particulièrement fortes à Gayndah, ou plusieurs maisons en pierre furent endommagées; à Marybourough trois chocs furent observés dans la direction du sud et du sud-ouest (**441** à **443***).

Ce mouvement très étendu de l'écorce terrestre peut difficilement être attribué à des glissements suivant des fentes de dislocation, ou à des effondrements, à moins qu'on ne veuille admettre que l'effondrement se soit produit à une très grande profondeur. Il me semble qu'on doit plutôt y voir l'effet de brusques déplacements de vapeur, et peut-être aussi de lave, dans les espaces souterrains, déplacements occasionnés par des modifications de pression, à la suite des immenses évacuations de lave et de vapeur qui eurent lieu à Krakatau.

La coïncidence, avec cette grande éruption, d'un tremblement de terre aussi considérable, dans un pays relativement peu sujet aux phénomènes de ce genre, donne une certaine probabilité à notre hypothèse.

Comme conséquence nécessaire, nous devons alors admettre aussi que les espaces souterrains au-dessous de Krakatau et de l'Australie communiquent entre eux de l'une ou l'autre manière, de sorte qu'une

variation de pression dans l'un de ces espaces puisse déterminer dans l'autre une variation correspondante.

En *Tasmanie,* depuis la fin d'Août jusqu'au 19 Novembre, des tremblements de terre furent ressentis presque sans interruption (**444**).

Dans l'*Amérique Nord-Ouest,* deux éruptions eurent lieu dans le territoire d'Alaska, appartenant depuis quelques années aux Etats-Unis.

La petite île *Bogosloff,* apparue dans les années 1795 et 1796, à l'ouest d'Unalaska et au nord d'Umnak, deux des îles Aléoutes, commença à manifester de l'activité dans la première moitié de 1883, on ne paraît pas savoir au juste en quel mois; en Septembre on aperçut, à un demi-mille au N. N. O. de Bogosloff, une nouvelle île de forme conique, ayant un diamètre de $^3/_4$ de mille et 500 à 800 pieds de hauteur.

A l'île *Augustin* ou *Chernaboura,* située au nord de la grande île Kadiak, dans le Cook's Sond (Cook's Inlet), il se produisit, le 6 Octobre, une violente éruption, qui sous beaucoup de rapports ressembla à notre éruption du Krakatau.

Le mont Augustin avait déjà donné des signes d'activité au mois d'Août; de Port-Graham (situé à 50 milles de distance, à l'entrée orientale de la baie, non loin du Cap Elisabeth), on avait vu de la fumée monter au-dessus du sommet du volcan.

Le 6 Octobre, à 8 heures du matin, on entendit à Port-Graham une détonation, puis un épais nuage de fumée sortit du volcan; en même temps une blanche colonne de vapeur s'éleva de la mer, près de l'île, d'après le récit d'indigènes qui se trouvaient dans la baie Kamishak (entre l'île Augustin et la rive occidentale de Cook's Inlet).

A Port-Graham commença bientôt à tomber une fine cendre ponceuse. A 8^h 25^m, une grande onde, haute de 25 à 30 pieds, vint y déferler; elle fut suivie, à des intervalles de 5 minutes seulement, de deux autres ondes, dont la hauteur est estimée à 18 et à 15 pieds; durant toute la journée on observa encore d'autres ondes, plus petites. Heureusement, la grande onde arriva pendant le reflux; à l'heure du flux, Port-Graham aurait probablement été perdu, car la différence entre la basse mer et la haute mer s'y élève à 14 pieds.

A l'île Kadiak l'onde fut également observée; la cendre y forma une couche épaisse de 4 ou 5 *inches* (pouces anglais).

Lorsque plus tard on approcha du volcan, toujours en activité, on reconnut qu'il s'était fendu du haut en bas et de l'Est à l'Ouest en deux moitiés, et que la moitié septentrionale s'était affaissée jusqu'au niveau de la mer.

Le dessin publié par le Journal *Science*, 1884, p. 188, donnerait toutefois plutôt lieu de croire que la partie supérieure de la moitié septentrionale est seule tombée dans la mer.

Enfin le Capitaine Cullie, du schooner *Kadiak*, observa, le 10 Novembre, qu'au nord-ouest d'Augustin il s'était formé une nouvelle île, d'environ 1 mille $^1/_2$ de longueur et 75 pieds de hauteur.

Suivant les nouvelles reçues de l'Alaska, d'autres volcans encore doivent y être en activité.

L'île Augustin est située, d'après la carte marine américaine (**445**), entre 153° 25′ et 153° 40′ Long. O. de Gr. et entre 59° 18′ et 59° 28′ Lat. N.; l'île Bogosloff, dont il a été question plus haut, se trouve par 167° 45′ Long. O. de Gr. et 53° 55′ Lat. N.

Dans aucune des relations concernant l'éruption du mont Augustin il n'est parlé de tremblements de terre. L'onde marine doit donc sans nul doute être attribuée, de même que celle de Krakatau, à l'effondrement ou à l'écroulement dans la mer d'une partie du volcan.

Le commencement de l'éruption a peut-être coïncidé avec l'éruption du Krakatau; il a eu lieu au mois d'Août, mais la date précise n'est pas donnée (**446** à **448***).

La cendre qui tomba le 13 Octobre à Sapporo dans l'île de Jéso, si elle n'a pas été rejetée par l'un des volcans japonais, est peut-être originaire de Bogosloff (**449**).

La cendre qui tomba le 20 Octobre (d'autres relations disent le 16 ou le 24 (?) Octobre) à Iliuliuk dans l'île d'Unalaska (Aléoutes), est également attribuée au volcan Bogosloff. Cette cendre, dont un échantillon fut recueilli par M. S. Applegate, a été étudiée au microscope par M. J. S. Diller; elle contient du plagioclase, de la hornblende brune, de l'augite vert pâle, de la magnétite et peu de particules

vitreuses, et elle appartient donc aux andésites à hornblende. La proportion d'acide silicique donnée par M. Diller, 52.48%, est très faible pour une andésite à hornblende, ce qu'il explique par le fait que la cendre est essentiellement composée des cristaux indiqués et ne renferme presque pas de verre acide (**450** et **450**ᵃ).

Dans l'*Amérique Centrale*, une éruption a eu lieu à l'île *Ometepec*, dans le lac Nicaragua, depuis le 19 jusqu'au 26 Juin (**451**).

Plus haut j'ai déjà émis la présomption d'un tremblement de terre ou d'une éruption aux *Antilles*, qui aurait occasionné les perturbations dans la courbe du marégraphe de Colon, le 27 Août, ainsi que les 13 et 14 Octobre, alors qu'à Panama, à aucune de ces deux dates, le marégraphe n'accusait la moindre irrégularité.

C'est un fait extrêmement remarquable que, au même moment où se produisait l'éruption du Krakatau, des tremblements de terre se faisaient aussi sentir et des éruptions avaient lieu dans la partie de l'écorce terrestre qui est diamétralement opposée à ce volcan — donc *près de l'antipode de Krakatau*. J'ai marqué ce point sur la petite carte fig. 6; il est situé dans la Colombie, par 6° 7' Lat. N. et 74° 34' Long O. de Gr. Voici les informations, venues à ma connaissance, au sujet d'actions volcaniques dans ces contrées.

De *San Christobal* (Vénézuéla) on mande que dans la province de Tachera, et dans celle de Santander (Columbie), qui en est voisine, on entendit le 27 Août un bruit souterrain, qui faisait l'effet de fortes décharges de mousqueterie. Un tremblement de terre proprement dit ne fut pas ressenti dans ces provinces, mais, presque simultanément, de violentes secousses accompagnées de détonations, eurent lieu à Bolivar, à Antioguia, à Cauca et à Panama, et durèrent, presque sans interruption, depuis le 27 Août jusqu'au 1er Septembre.

A *St Thomas* (Antilles) une secousse fut ressentie dans la nuit du 27 au 28 Août, et deux autres se produisirent le 30 Août, sur tout le littoral du Vénézuéla, de la Colombie septentrionale, de Panama et de Costa-Rica, des tremblements de terre paraissent avoir été sentis dans les derniers jours du mois d'Août et dans les premiers jours du mois de Septembre.

Dans la *Colombie septentrionale*, près de la rivière Léon, affluent de l'Atrato, il doit s'être formé plusieurs petits volcans (?), qui émirent des quantités considérables de cendre, de boue et de gaz. Comme date du maximum d'activité on indique le 1er et le 2 Septembre. Cette nouvelle très remarquable a toutefois grand besoin de confirmation ultérieure (**452**).

De toutes ces informations assez vagues on ne peut déduire à quelle commotion de l'écorce terrestre doivent être attribuées les ondes de Colon; le fait, que le marégraphe de Panama n'a enregistré aucune perturbation, me paraît démontrer que le point actif ne peut s'être trouvé dans l'Amérique du Sud ou du Centre. Ce point doit donc avoir été situé plus au nord, dans la mer des Caraïbes ou aux Antilles, peut-être au voisinage de St Thomas.

En Afrique, à Cape-Coast-Castle et sur toute la Côte d'Or, plusieurs fortes secousses de tremblement de terre eurent lieu 14 jours avant l'apparition du soleil bleu (1 et 2 Septembre), par conséquent le 17 ou 18 Août; la date précise manque (**452a**).

Des tremblements de terre en *Europe* et en *Asie* je ne rappellerai que les suivants, pour faire voir que pendant l'année 1883 on a constaté sur toute la surface du globe une agitation particulière de l'écorce terrestre (**452b**).

28 *Juillet*. Tremblement de terre à Ischia. Nombreuses (2400) victimes (voir **156** et **157**).

3 *à* 30 *Septembre* (vieux style), donc 15 Septembre à 12 Octobre.

Dans cet intervalle, 9 tremblements de terre furent observés sur les bords du lac Baikal (Sibérie) (**453**).

10 *Octobre*. Moravie (à Olmütz), Styrie (à Cilli), Croatie (à Agram), île de Chios et côtes des Dardanelles (**454**).

16 *Octobre*. Violents tremblements de terre sur la côte de l'Anatolie (Asie-Mineure). Plus de 1000 victimes (**455**).

19 *Octobre*. Andalousie (Espagne) (**456**).

20 *Octobre*. Bermude. Probablement la même secousse que celle du 19 Octobre en Espagne (**457**).

28 *Octobre.* Fort tremblement de terre à Smyrne et environs; 230 personnes blessées (**458**).

17 *et* 18 *Décembre.*- Italie (**459**).

18 *et* 22 *Décembre.* Suisse (**459**).

22 *Décembre.* Lisbonne (**459**).

31 *Décembre.* Laibach (forte) (**459**).

31 *Décembre.* France: Argèles (Hautes-Pyrénées), Dorignies (près de Douai (**460**).

L'action volcanique s'est donc manifestée, surtout pendant la seconde moitié de l'année 1883, sur la terre entière, et elle a atteint son maximum le 27 Août, dans l'éruption du Krakatau.

Par rapport à cette éruption, les manifestations les plus importantes sont celles qui eurent lieu *en même temps* qu'elle, savoir:

1. L'action des autres points de l'Archipel Indien, énumérés plus haut.
2. Le grand tremblement de terre de l'Australie.
3. Les tremblements de terre et les éruptions dans la partie de l'écorce terrestre qui est diamétralement opposée à Krakatau.

Les deux premières de ces actions me font regarder comme probable que les différents espaces souterrains de l'Archipel Indien (Java, Sumatra, Moluques) communiquent entre eux et avec l'Australie, de sorte qu'une augmentation ou une diminution de pression dans une de ces cavités doit nécessairement entraîner des modifications dans les autres, d'où résultent des déplacements subits de vapeur ou de lave fondue, pouvant se traduire par de vastes tremblements de terre ou par des éruptions volcaniques.

L'existence de ces grands espaces souterrains viendrait à l'appui de l'opinion qu'une partie de notre globe se trouve encore à l'état de fluidité ignée. Elle constituerait au contraire une difficulté, me semble-t-il, pour l'hypothèse dans laquelle la chaleur des foyers volcaniques est uniquement attribuée à des combinaisons chimiques locales. Ces combinaisons, en effet, devraient s'opérer sur de très grandes étendues, et la difficulté consiste alors surtout à indiquer clairement de quelle nature elles pourraient être. Sans doute, à la rencontre de l'eau avec les métaux des alcalis et des terres alcalines, tels

que le potassium, le sodium et le calcium, de la chaleur se dégage; mais, comme les produits fournis par les volcans ne contiennent ordinairement qu'un petit nombre de centièmes d'alcalis et de chaux, il est difficile d'admettre que la chaleur développée dans ces combinaisons soit capable de fondre la totalité des silicates que les volcans rejettent.

Il n'est pas prouvé non plus, et même il est improbable, que l'intérieur du globe renferme tant de calcium et de métaux alcalins. Dans la lave, la proportion de ces matières est faible, et dans le noyau pâteux ou peut-être solide de la terre il doit se trouver des substances beaucoup *plus lourdes* que celles dont il vient d'être question, puisque la densité de la terre, considérée dans son ensemble, est notablement supérieure à la densité des roches de l'écorce terrestre. A la vérité, il y a d'autres métaux, et parmi eux des métaux lourds, tels que l'aluminium, le magnésium, le fer, etc., qui sont capables, au moins à une température plus élevée, de décomposer l'eau; mais cette décomposition mettrait en liberté d'immenses quantités d'hydrogène, qui s'échapperaient nécessairement par les cratères des volcans et donneraient, en brûlant à l'air, de grandes flammes, phénomène qui, dans la plupart des éruptions, ne s'observe pas.

La théorie des combinaisons chimiques, comme cause de la chaleur nécessaire pour fondre les masses lithoïdes des volcans, a été imaginée, on le sait, par Humphry Davy (**461**), après qu'il eut, en 1807, découvert le potassium, en soumettant l'hydrate de potasse à l'action d'une puissante pile de Volta.

Plus tard toutefois, n'ayant pas trouvé d'hydrogène dans les gaz qui, lors d'une éruption du Vésuve, s'échappaient du cratère, Davy lui-même renonça à sa théorie, ou du moins n'y attacha plus guère d'importance.

Des recherches postérieures ont prouvé, il est vrai, que l'hydrogène libre, de même que l'hydrogène protocarboné, fait assez souvent partie des gaz émis par les volcans; mais M. Fouqué a calculé que, pour expliquer la chaleur développée dans une seule éruption de l'Etna, en supposant cette chaleur due au contact du sodium avec l'eau et aux combinaisons qui en résultent, il ne faudrait pas moins de 7 millions de mètres cubes de sodium (**462**).

En considérant l'ensemble des éruptions des divers volcans, on serait donc conduit à un chiffre absurde pour la quantité des métaux alcalins, et un si prodigieux volume d'hydrogène deviendrait libre, que dans toutes les éruptions volcaniques on devrait voir s'élever incessamment d'immenses flammes, provenant de la combustion de l'hydrogène venu en contact avec l'oxygène de l'air. Or, bien que des flammes aient réellement été observées dans quelques éruptions, elles étaient loin d'y jouer le grand rôle que l'hypothèse en question tendrait à leur assigner, et dans beaucoup de cas elles font même entièrement défaut. L'hydrogène dégagé peut d'ailleurs avoir été le résultat de la dissociation de la vapeur d'eau (voir Chap. IV). En ce qui concerne les éruptions du Krakatau, tant au mois de Mai qu'au mois d'Août, les récits ne font aucune mention de flammes, mais seulement de »feu", expression qui se rapporte à des cendres incandescentes, ou à des particules de cendre éclairées par la lave en fusion contenue dans le cratère.

Il va sans dire que des combinaisons chimiques s'effectueront dans le sein de la terre et occasionneront une élévation de température; mais, que ces combinaisons soient la source *principale* de chaleur, c'est ce qui me paraît extrêmement improbable. Je n'ai parlé incidemment de cette théorie que parce que, dans les derniers temps, elle a plus ou moins repris faveur en Europe.

Dans le fait, enfin, que durant l'éruption du Krakatau des phénomènes volcaniques ont eu lieu justement près de l'antipode, on ne saurait guère voir un effet du hasard, bien qu'il soit très difficile de donner des raisons pour lesquelles, pendant la période d'activité de notre volcan, l'antipode était mieux situé pour une éruption que les autres contrées volcaniques de la terre. Rien d'analogue n'a été observé, que je sache, dans des circonstances antérieures, et il faudra attendre de grandes éruptions futures pour décider si le fait a une signification particulière.

VII.

CARTES ET PLANCHES. VOYAGE DE LA COMMISSION D'ENQUÊTE. ADDITIONS.

Une décision du Gouvernement, en date du 4 Octobre 1883, ayant ordonné l'étude, sur les lieux, des effets de l'éruption du Krakatau, l'auteur du présent travail fut chargé de diriger cette enquête, pour laquelle, à sa demande, on lui adjoignit les personnes suivantes:

1. Le topographe J. G. de Groot.
2. Le conducteur des mines J. F. de Corte.
3. Le conducteur des mines C. W. Axel.

   Ces trois personnes avaient déjà été attachées pendant longtemps aux travaux du levé géologique de Sumatra et de Java, et elles étaient donc parfaitement préparées à cette nouvelle et difficile mission.

   Le Gouvernement m'avait aussi adjoint un photographe, qui toutefois, plus tard, fit difficulté de nous accompagner dans notre assez long voyage. A sa place fut désigné, grâce à l'obligeance du major F. C. E. Meijer, chef du service topographique:

4. Le sergent-major dessinateur P. B. W. H. Schreuders.

La Commission était donc composée de cinq personnes.

Montés à bord du hopperbarge *Kedirie*, commandant J. A. 't Hoen, nous partîmes le 11 Octobre de Tandjong Priok, où nous étions de retour le 28 Octobre.

Dans ce voyage furent visités le littoral et la plupart des îles du

détroit de la Sonde; M. SCHREUDERS prenait, d'après mes indications, les esquisses pour les dessins réunis dans l'album, tandis que les autres membres de la Commission exécutaient avec moi les opérations topographiques nécessaires pour la confection des différentes cartes jointes à ce Rapport.

Au mois de Novembre suivant, je visitai la zone ravagée de la division Tangerang, où des mesures furent effectuées, de même qu'en quelques points du littoral du Bantam, pour déterminer la largeur des terrains ravagés et la hauteur des ondes.

Au mois d'Août 1884, je retournai à Krakatau, sur l'*Argus*, vapeur de la marine du Gouvernement, pour constater les changements qui avaient eu lieu dans la première année après l'éruption, et en outre pour visiter Verlaten-eiland et Bootsmansrots, deux points qui n'avaient pu être abordés lors de mon premier voyage, à cause de la violence du ressac.

J'avais pour compagnons, dans ce voyage, M. M. VAN HEUCKELUM et RETGERS, ingénieurs des mines.

Le mois suivant, en Septembre, je fis une troisième visite au volcan, avec quelques touristes de Batavia, à bord du *Billiton*, steamer de la Compagnie de Billiton. Nous passâmes plusieurs heures à Krakatau, et mîmes ce temps à profit pour faire différentes photographies du champ de ponces de la pointe N. O. de l'île, opération qui réussit fort bien (**463**).

La tentative de photographier la paroi à pic échoua au contraire complètement, la paroi étant, ce jour-là, mal éclairée.

Au sujet des cartes dont la liste va suivre, je ne ferai, à titre d'éclaircissement, que quelques brèves remarques, ces cartes ayant déjà été l'objet, aux chapitres précédents, d'explications détaillées.

CARTES ET DESSINS.

Fig. 1. Carte de Krakatau et des îles voisines, à l'échelle de 1 : 20.000. Levée en Octobre 1883. Les contours antérieurs

de Krakatau, de Verlaten-eiland, de Lang-eiland et du Poolsche Hoed sont reproduits d'après la carte marine anglaise, les contours actuels de Verlaten-eiland et de Lang-eiland, sauf quelques légères modifications, d'après la nouvelle carte nautique dressée par le lieutenant de marine de 1e classe M. C. VAN DOORN.

Au côté nord de Krakatau, la falaise, à la suite d'éboulements, est sur beaucoup de points un peu en surplomb, comme le montrent les courbes de niveau.

Fig. 2. Le terrain effondré près de Krakatau; échelle 1 : 100.000.

Fig. 3. Carte du détroit de la Sonde; échelle 1 : 1.000.000. Sur cette carte on a indiqué la zone ravagée par les ondes, ainsi que les trois fentes de Java, de Sumatra et du détroit de la Sonde.

Fig. 4. Carte d'une partie du détroit de la Sonde; échelle 1 : 300.000. Dressée d'après la nouvelle carte marine et notre levé. En vue du calcul de l'épaisseur des dépôts éruptifs, on a indiqué à la fois les profondeurs anciennes et les profondeurs actuelles.

Fig. 5. Carte de la partie occidentale de l'Archipel Indien; échelle 1 : 5.000.000. On y voit les limites de l'espace sur lequel sont tombées des cendres.

Fig. 6. Mappemonde suivant la projection de Mercator. Sur cette carte sont indiquées la dispersion des cendres et la propagation du bruit et des ondes marines.

Fig. 7. Représentation graphique des observations météorologiques horaires faites à Batavia du 26 au 28 Août 1883.

Fig. 8. La perturbation magnétique à Batavia, 27 Août 1883.

Fig. 9. Courbe du marégraphe de Tandjong Priok (Batavia), 26/31 Août 1883.

Fig. 10. Courbe du marégraphe de Tandjong Priok, 20/21 Mai 1883.

Fig. 11. Courbe du marégraphe de Tandjong Priok, 10/11 Octobre 1883.

PLANCHES DE L'ALBUM.

Les 25 dessins en couleurs réunis dans l'album donnent une idée fidèle des régions ravagées, telles qu'elles étaient entre le 11 et le 28 Octobre 1883, c'est-à-dire environ 2 mois après l'éruption. Tandis qu'à proximité de Krakatau toute vie était éteinte à cette époque, les arbres dépouillés de leurs feuilles recommençaient déjà à bourgeonner dans les lieux situés à une plus grande distance du volcan, de sorte que, sauf à Krakatau, à Sebesi et en quelques points très maltraités de la côte, la végétation se sera entièrement rétablie dans le cours d'une année.

La description suivante pourra servir d'explication aux planches de l'album.

Planche 1. Lorsque, le matin du 12 Octobre, nous entrâmes dans le détroit de la Sonde, où l'ancre fut jetée près de Poeloe Merak, l'aspect étrange des côtes nous frappa immédia-

tement. Tandis que les collines et les montagnes étaient encore couvertes de souches d'arbres et de troncs dégarnis, ça et là même encore parées d'un arbuste vert, la partie basse du littoral et des îles était complètement rasée, la roche nue s'y montrait partout à découvert. Sur la planche 1 on voit à gauche l'île (Poeloe) Merak, en face de laquelle, sur la côte de Java, était situé le village Poeloe Merak ou Merak, où se trouvait l'établissement des travaux du port; c'est de ce point qu'a été fait le dessin. Derrière l'île Merak se montre à droite l'île Dwars in den Weg; derrière celle-ci, dans le lontain, le volcan Sebesi, qui forme également une île; puis, toujours plus à droite, la pointe S. E. de Sumatra, nommée le Varkenshoek, avec les îles Zutphen et le volcan Radja Bassa; en avant, la petite île Toppershoedje.

Surtout à cette dernière île, aux îles Zutphen et à Dwars in den Weg on reconnaît distinctement que toute végétation a disparu jusqu'à une hauteur notable (20 à 35 mètres) au-dessus du niveau de la mer. Plus haut on voit des arbres, en partie encore verts à Toppershoedje et à Poeloe Merak, points les plus éloignés de Krakatau, mais presque tous dépouillés de feuilles aux points plus rapprochés du volcan.

A Dwars in den Weg, l'onde a passé du S. au N. sur les parties basses de l'île, entraînant arbres et plantes, tandis que sur les parties plus élevées quelques rares arbustes s'aperçoivent encore. Comme les parties basses, vues d'une certaine distance en mer, plongent sous l'horizon, l'île semble alors composée de plusieurs pièces distinctes, ce qui explique le bruit, d'abord répandu, que Dwars in den Weg s'était fendue en 5 fragments. En approchant davantage, on constate que les parties élevées sont encore reliées par les parties basses en une île unique.



Planche 2. Elle montre une partie de Dwars in den Weg; entre les collines, hautes de 40 à 60 mètres, on voit une des dépressions sur lesquelles l'eau a coulé et où il n'y a plus trace de végétation. Une tentative pour aborder à cette île échoua, à cause des brisants violents. Sur le côté sud, que la planche représente, l'onde monta, suivant estime, à environ 35 mètres de hauteur. Dwars in den Weg a justifié son nom en cette occasion, car elle se trouva droit »en travers du chemin" de l'onde qui de Krakatau se dirigeait vers la mer de Java.

Planche 3. On y voit le Varkenshoek et les îles Zutphen, de plus près que sur la planche 1. La bande blanche dénudée est très distincte; sur une couple d'îles, la ligne de démarcation va en *s'abaissant* du sud au nord, d'où il suit que l'onde a remonté le plus haut contre la côte sud, ce qui d'ailleurs est tout naturel. Des arbres il n'est guère resté que des tiges et des troncs nus, les feuilles et les branches ont disparu. En arrière on voit le Radja Bassa et à gauche Sebesi.

Planche 4. Le joli ilôt Toppershoedje, avec la côte de Java dans le lointain. La bande dénudée fut mesurée, sa hauteur était de 30 mètres au côté sud de l'île, de 24 mètres au côté nord.

Planche 5. Après que, partis de Merak, nous eûmes longé les îles Toppershoedje et Zutphen, nous arrivâmes, au-delà du Varkenshoek, en vue de la pente sud du Radja-Bassa, laquelle présentait un aspect brunâtre et desséché; le côté postérieur de la montagne, d'après les renseignements obtenus, doit avoir beaucoup moins souffert. La cendre brûlante, qui fut si funeste à cette partie de la côte, ne paraît donc pas être tombée sur le revers de la montagne, mais avoir été lancée seulement, sous un faible angle d'inclinaison, contre le versant méridional, ainsi que je l'ai exposé plus haut. Les nombreux kampoengs (villages)

disséminés le long du rivage ont été ravagés par la pluie de cendre et de boue, mais surtout par les hautes vagues. Ketimbang, le chef-lieu des IV Margas et la résidence du Contrôleur de la Division, subit le même sort. L'emplacement de l'habitation de ce fonctionnaire ne se laissait plus reconnaître sûrement; on ne voyait qu'une plaine couverte de bois mort, de pièces de charpente des maisons, de fragments de coraux rejetés çà et là par la mer, enfin, de cendre et de pierres ponces. Sur le Radja Bassa tous les arbres étaient dépouillés, et une partie d'entre eux avaient été déracinés et brisés par les vents violents qui soufflèrent pendant l'éruption.

Un peu plus loin au nord se voyait autrefois, entouré de cocotiers, le florissant kampoeng Madja.

Notre planche 5 représente l'emplacement que ce village occupait; les cimes des cocotiers sont brisées, ou bien leurs branches et leurs feuilles se sont à demi rompues sous le poids de la cendre mouillée. Les sawahs (rizières) en terrasses étaient couvertes d'une couche de cendre épaisse de $0^m.2$.

Planche 6. Encore 3 kilomètres plus au nord, près de la ville ravagée de Kalianda, se trouve le mouillage actuel des navires; la nouvelle résidence du contrôleur, Kasoegihan, est située à environ $2^1/_2$ kilomètres de Kalianda, vers l'intérieur. L'onde a envahi la côte jusqu'à 400 mètres du rivage et jusqu'à une hauteur de 24 mètres au-dessus du niveau de la mer. Notre dessin montre une partie de la côte, tout près de la ville détruite de Kalianda, avec un grand nombre de cocotiers brisés.

Toutes les maisons ont été emportées par les vagues. On pourra comparer cette planche avec la carte fig. 25.

Planche 7. Toute la côte orientale de la baie de Lampong, au nord de Kalianda, et aussi la côte ouest de la baie, entre l'île Lagoendi et Teloeq Betoeng, ont beaucoup souffert, tant

par la grande vague que par la forte pluie de cendre et de boue. La plupart des arbres étaient dépouillés de feuilles, les kampoengs situés à moins de 24 mètres de hauteur au-dessus de la mer avaient été détruits. Sur le bord occidental de la baie, toutefois, quelques kampoengs bas, celui de Hoeroen entre autres, ont été préservés, grâce à leur situation favorable derrière des parties proéminentes de la côte, ou derrière des îles.

Bien que la baie se rétrécisse vers le nord et se termine à Teloeq Betoeng, la mer n'y a nulle part, d'après nos mesures, monté plus haut qu'à Kalianda. Au Goenoeng Koenjiet ou Apenberg près de Teloeq Betoeng, butte isolée, haute de 87 mètres et rattachée à la côte par une partie plus basse, l'eau s'est élevée, suivant mesure, à 24 mètres et a complètement dénudé le monticule jusqu'à ce niveau (voir planche 7).

Planche 8. Sur ce dessin se trouve réuni presque tout ce qui est resté de l'importante localité Teloeq Betoeng. Elle s'étendait en majeure partie dans une large plaine, à peu de mètres au-dessus du niveau de la mer; seuls l'hôtel de la résidence, le fort, la prison et quelques maisons étaient bâtis sur la colline que la planche représente, et ont dû à cette situation d'échapper au désastre. On pouvait nettement reconnaître, aux accumulations de bois flottant rejeté par l'eau, que la vague s'était avancée jusqu'à 30 mètres de la résidence, et pourtant aucune des nombreuses personnes réfugiées dans cet édifice n'a rien remarqué de la vague, tellement l'obscurité était profonde. La plus grande hauteur au-dessus du niveau de la mer, que l'eau ait atteinte en ce point, s'élevait à 22 mètres. A la fin du mois d'Octobre, quelques arbres recommençaient déjà à verdir. — A comparer avec les plans fig. 27 et 28.

Planche 9. Krakatau prise du côté postérieur (côté sud). Cette planche

est à rapprocher des autres vues de la même île desquelles il sera question plus loin. On voit que le revers de l'île n'est pas effondré; il présente la pente ordinaire, mais dépourvue de végétation et couverte d'une épaisse couche de cendre. Le 11 Août, des arbres y croissaient encore.

Planches 10, 11 et 12. Plus on approche de Krakatau, plus l'aspect du paysage devient morne et désolé. Si à Teloeq Betoeng se voyait encore çà et là un arbre verdoyant, à Seboekoe et à Seboekoe-ketjiel (Beschutters-eiland) nous ne trouvâmes que des souches et des troncs morts; ce qui attirait ici spécialement l'attention, c'est qu'une foule d'arbres étaient déracinés et renversés, d'autres rompus ou déchirés à une certaine hauteur au-dessus du sol, ce qui indiquait l'action de violents coups de vent. La grande île Seboekoe était inhabitée; à la pointe nord de Beschutters-eiland, il y avait autrefois un charmant kampoeng, à demi caché sous les cocotiers, et comptant environ 80 habitants; j'avais visité cette localité en 1877, maintenant je n'y trouvai qu'une nappe de cendre et en outre, sur la côte, des fragments de corail, entre lesquels les restes de quelques malheureuses victimes.

Planche 11. Couche de cendre au côté sud de Seboekoe-ketjiel.

Planche 12. Blocs de corail au côté ouest de l'île près de la côte.

A Seboekoe même, derrière la presqu'île faisant face à Seboekoe-Ketjiel et maintenant reliée à Seboekoe par une langue de terre basse et nue, formée de débris de coraux, nous trouvâmes également quelques cadavres, dont le crâne était déjà complètement dépouillé de chevelure, bien que des restes de vêtements fussent parfois encore visibles.

A l'extrémité sud de Seboekoe la bande dénudée de 25 à 30 mètres de hauteur s'accuse particulièrement bien; à l'époque de notre visite, la mer dans ces parages

était chargée de ponces flottantes, comme on le voit sur la *planche* 10; au fond s'aperçoivent Sebesi et Krakatau.— A comparer avec la carte fig. 22.

Planche 13. Lorsque, en 1877, je descendis à Sebesi et visitai, dans la plaine qui s'étend près du rivage, les quatre kampoengs florissants, avec leurs belles sawahs et plantations de poivriers, j'étais loin de me douter que, six ans plus tard, je reverrais cette île dans l'état où elle se trouvait maintenant.

Vu de l'île actuelle Huismans-eiland ou, suivant son vrai nom, Mengoenang, le mont Sebesi se présente tel que le rend la planche 13. C'est un tableau sombre et lugubre, l'image de la plus complète désolation. Les arbres ont totalement disparu, la cendre et les fragments de ponce recouvrent le sol d'une couche de 1 à 1 $^{1}/_{2}$ mètres d'épaisseur; partout les eaux ont creusé dans la cendre de petits ravins étroits et profonds, qui, vus de loin, avec leurs ramifications, donnent l'idée de bois mort couvrant la montagne. Dans la plaine, quelques chicots d'arbres se dressaient au-dessus de la cendre, et à l'endroit où s'élevait jadis le kampoeng principal nous trouvâmes çà et là des débris d'ustensiles de ménage, mais pas de cadavres.

Les habitants des kampoengs paraissent avoir été entraînés en grande partie dans la mer, par la terrible vague qui, à 10 heures du matin, déferla sur la plaine. Le nombre des hommes qui ont péri est évalué à 3000. D'après nos mesures (voir la carte fig. 23) la plaine est large de 700 mètres.

Dans le fond du dessin on voit Krakatau.

Planche 14. Entre Sebesi et Krakatau, la mer, autrefois profonde de 36 mètres, est presque entièrement comblée par les produits de l'éruption, pierres, cendre et sable. De ce grand amas, deux parties surtout s'élèvent au-dessus de la sur-

face des eaux; on leur a donné les noms d'île Calmeyer et d'île Steers. Leur forme se modifie incessamment, parce que le choc des vagues désagrège la masse incohérente et en entraîne les débris. L'île Calmeyer est représentée sur la planche 14, l'île Steers sur la planche 15.

La planche 14 est dessinée d'un point situé au nord de Calmeyer, de sorte qu'elle offre en même temps une belle vue du pic de Krakatau et des falaises que l'effondrement a produites aux côtés nord et est de cette île. Le côté postérieur de Krakatau a conservé, comme on l'a déjà vu sur la planche 9, son ancien aspect. Calmeyer ne forme pas une île unique, mais est composée de 6 ou, si l'on y comprend aussi les amas plus éloignés, de 8 parties séparées, ainsi que le montrent la planche 14 et mieux encore la carte fig. 20. Le point le plus élevé de l'île ne dépassait que de $6\frac{1}{2}$ mètres le niveau de la mer. — En Août et Septembre 1884, il n'en apparaissait plus rien au-dessus de la surface des eaux.

Planche 15. Vue de Steers-eiland, prise de l'est. L'île est formée de 3 parties; au mois d'Octobre 1883, le point le plus haut s'élevait tout au plus à 3 mètres au-dessus de la mer. Les brisants y ont ordinairement beaucoup de violence, et ils nous empêchèrent d'aborder dans l'île.

En Août et Septembre 1884, aux heures de basse mer, Steers-eiland se voyait encore parfaitement, comme banc de sable, au-dessus de la surface de l'eau. C'est donc à tort que les membres de la Mission française à Krakatau ont annoncé que l'île Steers était déjà complètement disparue au mois de Mai 1884. Peut-être la mer était-elle haute au moment où ils arrivèrent près du banc de sable, et celui-ci était-il peu ou point visible dans ces circonstances.

Planche 16. La baie de Tampang, près du Vlakke Hoek, à l'extrémité sud-ouest de la baie de Semangka. Le kampoeng Tam-

pang a été détruit par la vague; il était situé à l'endroit où se voit, sur le dessin, le bouquet de cocotiers aux cimes flétries. Bien que la baie soit éloignée de près de 85 kilomètres de Krakatau, la pluie de cendres et de particules de ponce assez grosses y avait presque entièrement dépouillé les arbres de leurs feuilles. Les taches blanches qu'on remarque dans la forêt sont des *ladangs*, nom sous lequel sont désignées des portions de forêt où l'on a abattu les grands arbres et qui doivent être transformées en jardins; leur teinte gris-clair est due ici à la cendre qui les couvre.

Planches 17, 18 et 19. Nous retournons maintenant à Calmeyer. La planche 19 en donne une bonne vue d'ensemble; le spectateur est censé placé presque à l'extrémité occidentale de l'île et regarde vers l'est. Entre les différentes parties de l'île a pénétré la mer, qui est couverte de ponces. La montée et la descente de l'eau, dans ces criques, sont accusées par les petites lignes blanches, formées de fragments de ponce, qui bordent le rivage. Le point le plus élevé de l'île ($6^1/_2$ mètres au-dessus de la mer) se trouve à gauche. Sur le fin sable ponceux repose une couche, épaisse de $0^m.2$, d'une fine cendre de couleur plus foncée, qui doit être arrivée à l'état de boue humide, car elle est traversée de nombreuses fissures et crevasses, formées pendant sa dessication sur la cendre chaude. Voir les planches 18 et 19.

De cette île on a une superbe vue sur Krakatau et sur Sebesi; c'est de là qu'ont été dessinées les planches 17 et 18.

Sur la planche 17, Krakatau se voit à peu près du même côté que sur la planche 14; le dessin est toutefois à plus petite échelle. L'île située entre Calmeyer et Krakatau appartient à Calmeyer, et est la même que l'île *a* de notre carte fig. 20. A droite de Krakatau se

trouve Lang-eiland, et tout à fait à droite on voit encore une partie de Verlaten-eiland.

La planche 18 représente Sebesi éclairée par la lumière du matin; la teinte de la montagne est alors ordinairement brunâtre vers le bas, bleue vers le haut. Le contour de cette montagne a été pris, de même que celui de Krakatau et de même aussi que celui de Sebesi sur la planche 13, à la chambre claire, de sorte que l'inclinaison des pentes n'est pas, comme d'ordinaire, exagérée, mais exactement conforme à la réalité. En arrière de Sebesi, à droite, apparaît l'île moins élevée de Seboekoe, et encore plus à droite le Radja-Bassa.

Planche 20. Continuons maintenant par la pensée notre voyage vers l'ouest, mais sans nous arrêter pour le moment à Krakatau même.

La baie de Semangka a été fortement éprouvée par les vagues. Beneawang, résidence du Contrôleur, à l'extrémité septentrionale de la baie, et la bande plate aux embouchures de la rivière de Semangka sont entièrement ravagées. La végétation avait été presque complètement détruite par la pluie de cendre et de boue, quoique, de ce côté, la boue soit tombée en quantité moindre qu'au côté nord du volcan.

Dans la grande île Taboean, le côté sud-est a le plus souffert des ondes, la moitié nord et nord-ouest a été beaucoup moins maltraitée et de ce côté, heureusement, se trouvaient les kampoengs; les arbres avaient la plupart perdu leurs feuilles sous l'action de la pluie de cendre.

En Octobre j'essayai en vain d'atteindre Poeti et les lieux situés plus au nord; déjà à peu de distance de Taboean la baie était entièrement obstruée par la ponce, qui ne permettait pas d'y pénétrer plus avant. Nous prîmes donc la direction de l'ouest, visitâmes d'abord

Tampang, village dont il a été question dans la description de la planche 16, et nous rendîmes ensuite, en passant au sud du Vlakke Hoek, à la baie de Blimbing.

Près de cette localité se voit, sur la pointe sud-ouest de Sumatra, le beau phare en fer érigé en 1880, haut de 60 mètres et portant un feu de 1er ordre. Autour du phare il y avait un établissement construit en fer et en pierres, qui a disparu sans laisser de trace. L'onde a passé avec violence sur la partie méridionale plate de la presqu'île et s'est élevée à 15 mètres contre le phare; celui-ci, heureusement, n'a éprouvé presque aucun dommage (voir la planche 20), mais, dans l'épaisse forêt qui s'étendait entre le phare et le kampoeng Blimbing, la vague à exercé des ravages tels qu'on aura sans doute rarement l'occasion d'en contempler; les arbres enchevêtrés dans toutes les positions imaginables, et entre lesquels on a retrouvé çà et là des pièces de fer de l'établissement et des cadavres d'ouvriers, forment un chaos indescriptible.

Comme on le voit sur le dessin, les arbres encore debout sont complètement dépouillés de feuilles, et pourtant ce point est déjà à 103 kilomètres de Krakatau.

Planche 21. Nous nous dirigeons maintenant vers Java et touchons d'abord à la côte nord de la grande île Prinsen-eiland. Là se trouvait un kampoeng de 56 bûcherons, originaires de Tjaringin, qui tous ont péri. La bande dénudée se distingue le mieux à l'extrémité gauche (nord-est) de l'île; la vague n'y a toutefois pas dépassé la hauteur de 10 à 15 mètres.

Au côté sud de l'île on voit sur la planche 21 un monticule à forme de volcan, appelé le »pic" de Prinsen-eiland.

Planche 22. Contournant ensuite Prinsen-eiland par le côté oriental, nous entrons, à l'ouest de Meeuwen-eiland, en rade de

Java's 1e punt. De la rade une vue fut prise sur le Goenoeng Pajoeng, montagne peu connue, à forme de volcan, mais n'ayant que 471 mètres d'altitude. En avant de cette montagne s'étend la côte de Java, où la végétation n'avait été détruite qu'en partie et où les arbres dépouillés commençaient déjà à reverdir.

Planche 23. Du point de débarquement une très bonne route conduisait autrefois, le long du rivage, au phare en pierres, feu de 1er ordre, qui se dresse pittoresquement sur un rocher haut de 40 mètres.

Le phare lui-même était primitivement plus élevé, mais le tremblement de terre du 1er Septembre 1880 lui avait causé de si graves dommages, que la partie supérieure dut être démolie.

La verdure qu'on voit sur la planche 23 s'est en majeure partie formée pendant les deux mois écoulés entre le 27 Août et le 21 Octobre; immédiatement après l'éruption, la plupart des arbres étaient privés de feuillage. Les feuilles des bananiers surtout se développèrent, à la suite d'abondantes pluies, avec une rapidité extrême.

Sur la route du débarcadère au phare, et beaucoup plus à gauche, dans le bois, nous rencontrâmes un grand nombre de blocs de corail, que la mer avait entraînés à plusieurs centaines de mètres du rivage, vers le bois, où elle les avait abandonnés. Beaucoup de troncs d'arbres portaient les traces du rude contact des fragments de corail; en plusieurs points la route était emportée.

Planches 24 et 25. Nous quittons Java's 1e punt, pour visiter la partie plus septentrionale de la côte de Bantam, jusqu'à Tjaringin, Anjer et Merak; là de vastes plaines ont été complètement dénudées, la vague a balayé maisons et cocotiers, et des myriades de blocs calcaires madréporiques ont été rejetés par la mer sur le rivage. A Java's 4e punt, non loin du phare, gît notamment un énorme bloc

de corail, qui d'après nos mesures a un volume de 300 mètres cubes et par conséquent un poids d'au moins $^1/_2$ million de kilogrammes (voir fig. 41). De ces régions ravagées aucune bonne vue d'ensemble ne put être prise.

Passant finalement à Krakatau, la cause de tous ces désastres et de toute cette misère, nous présentons sur la planche 24 une vue des prodigieux amoncellements de cendre, de sable et de matériaux ponceux — pour lesquels nous avons fréquemment employé le nom de sable ponceux — et sur la planche 25 une vue de la magnifique paroi à pic que l'effondrement du 27 Août a formée au côté nord du volcan. Ces deux dessins, joints aux planches 9, 14 et 17, ainsi qu'à la carte fig. 1, donneront, je l'espère, une idée complète de la montagne, dans sa forme actuelle.

Au chapitre V il a déjà été traité en détail de ces planches, de sorte que je puis y renvoyer, en me bornant ici aux courtes remarques suivantes.

La planche 24 fut dessinée par M. Schreuders, pendant qu'avec les autres membres de la Commission je gravissais le versant ouest de la montagne, en exécutant les opérations topographiques nécessaires.

Ce qui mérite surtout l'attention, ce sont les profonds ravins, dont l'un est visible dans le dessin.

Ces ravins, creusés par les eaux dans les produits éruptifs mouillés, rendaient l'ascension très pénible; de leur fond s'échappaient de l'eau chaude et de la vapeur. Derrière les amas de ponce, qui en quelques endroits au pied du Krakatau possèdent une épaisseur de 60 à 80 mètres, apparaît le bord ébréché de la montagne, et au sommet on voit une partie de la fracture presque verticale qui la termine au nord, ainsi qu'une partie du côté postérieur, lequel, près du sommet, a une inclinaison

de 30 à 32 degrés. En faisant l'ascension à ce côté postérieur nous ne trouvâmes pas même un tronc d'arbre mort, derrière lequel on pût s'abriter un instant contre les rayons brûlants du soleil; la pente entière était complètement nue.

Sur la planche 25 on voit les couches converger la plupart vers le centre, preuve que là se trouvait quelque part le cratère; néanmoins, je pense que le cratère n'a pas été coupé par la fracture oblique, ou qu'il ne l'a été que dans sa partie supérieure; je le crois situé principalement au sud de cette paroi escarpée, donc *derrière* elle par rapport à l'observateur. Un petit cratère se remarque à gauche de la partie centrale, et tout à fait en bas et à gauche les couches ont une position qui ne concorde pas avec celle des autres; ces couches appartiennent au bord du cratère le plus ancien, et sont formées de la même roche que Verlaten-eiland et Lang-eiland; en cela elles diffèrent beaucoup des autres couches du Pic, qui consistent surtout en matières incohérentes, lapilli et fine cendre. Ces derniéres couches alternent avec quelques bancs de lave, et sont coupées transversalement par des filons lithoïdes (veines). Elles sont de couleur brunâtre et tranchent fortement sur les matières ponceuses récentes, blanches ou gris clair, qui les recouvrent.

A la limite de ces deux dépôts on trouve çà et là des troncs d'arbres morts, restes des épaisses forêts qui couvraient le volcan avant l'éruption.

La paroi presque verticale de 832 mètres de hauteur, avec la mer bleu foncé et profonde de plus de 300 mètres qui baigne son pied, fait sur tout le monde, par son caractère étrangement grandiose, une irrésistible impression. Devant cette prodigieuse falaise on peut se former une idée nette du bloc rocheux qui s'est

affaissé dans les abîmes souterrains, et l'on n'est plus tenté de chercher, pour la production de la grande vague, une autre cause que l'immersion subite de cette énorme masse.

Aux mois d'Août et de Septembre 1884, l'aspect de la paroi était un peu différent. La cendre gris clair mouillée, qui à l'origine avait dégoutté vers le bas et recouvert la surface en divers points, surtout au milieu, était maintenant en grande partie détachée par l'incessant effritement de la roche. La traînée de cendre grise étendue sous le sommet, et que montre notre planche 25, avait entièrement disparu, en laissant à découvert une grosse veine pierreuse, qu'on peut suivre dans une direction presque verticale à travers les couches du pic, jusqu' à la moitié de la hauteur totale de la montagne, où elle se termine en un renflement lenticulaire. Par contre, le petit cratère, un peu à gauche du centre, était devenu beaucoup moins distinct.

Il est vivement à désirer que l'on réussisse bientôt à obtenir de cette paroi une bonne représentation photographique, sur laquelle les différentes couches et les différents filons soient nettement visibles. La tentative faite au mois de Septembre 1884 a échoué, ainsi que je l'ai déjà dit, par l'insuffisance de la lumière. Comme il n'existe au nord de la falaise aucune terre assez rapprochée, on est réduit à prendre la vue photographique à bord d'un navire; l'exposition ne peut donc avoir qu'une très courte durée, et dans ces conditions un éclairement intense de l'objet est absolument nécessaire.

L'île que le sable ponceux avait formée à l'ouest du Zwarte Hoek était déjà entièrement détruite par les vagues, mais l'île basse à l'est de Verlaten-eiland se montrait toujours, comme banc de sable, au-dessus de la surface de l'eau.

A Krakatau, sauf quelques rares brins d'herbe, aucune trace de végétation n'était encore visible; le côté sud de Sebesi était également encore dénudé, tandis qu'au côté septentrional de cette île, ainsi qu'à Seboekoe, un peu de verdure avait déjà reparu. Le littoral du détroit de la Sonde s'était assez bien refait, à l'exception des parties ravagées par l'onde, qui étaient encore dépourvues de toute végétation.

ADDITIONS.

La description, essayée dans les pages qui précèdent, de l'eruption volcanique la plus importante de notre siècle, présente des lacunes en quelques points, parce qu'une partie des données nous manquent jusqu'ici. Je me propose, en conséquence, de faire paraître plus tard une »Suite" à ce Rapport, au moins si les renseignements attendus rendent une pareille publication nécessaire ou utile.

Ci-dessous sont communiquées les informations que j'ai encore reçues avant la fin de mon travail.

Page 16. Le rapport de l'*Elisabeth*, mentionné dans la Note **34**, se trouve aussi, en termes identiques, dans les *Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie,* Jahrgang XI, p. 445. La cendre tombée sur l'*Elisabeth*, les 20 et 21 Mai, a été décrite très succinctement, quant à sa composition microscopique, par le Dr. J. H. L. Flögel, de Bramstedt (Holstein), dans la *Meteorologische Zeitschrift*, 1884, p. 125—128; cette description a été reproduite dans les *Ann. der Hydrogr.*, 1884, p. 323. La présence du pyroxène rhombique à échappé à l'auteur.

Page 16. L'*Actaea*, capitaine Walker, se trouvait le 20 Mai, à midi, par 6° 50′ Lat. S. et 104° 2′ Long. E. de Gr.; à 2 h. de l'après-midi il faisait complètement (?) obscur. De la cendre fine tomba jusqu'au 21 Mai, 9 heures du matin; lorsque

le soleil devint visible, il avait la teinte de l'argent mat. A midi de ce même jour le navire se trouvait par 8° 15′ Lat. S. et 102° 28′ Long. E. de Gr., à une distance d'environ 170 milles marins de Java's 1e punt. La nuit, il tomba de nouveau un peu de cendre. (Extrait d'une lettre du capitaine WALKER, insérée dans le *Mauritius Mercantile Record* du 16 Juin 1883, reproduite par *Nature* N°. 768, 17 Juillet 1884, p. 279).

Page 29. Le vapeur *Europa* se trouvait, le 18 Août 1883, à midi, par 103° 9′ Long. E. de Gr. et 6° 1′ Lat. S. Ce même jour, à 2 h. du matin, il avait passé près de Krakatau; l'île était surmontée de sombres nuages, qui furent entraînés par-dessus le navire; il ne tomba pourtant pas de pluie, mais seulement une fine poussière. (*Meteor. Zeitschrift*, Février 1884, p. 53).

Page 59. Le nom du fantassin qui a péri à Teloeq Betoeng, le 27 Août, est: J. G. G. BREURING (Indication du capitaine d'Etat-major G. W. BEEGER).

Page 68. De l'île Groot-Kombuis on ne possède pas de rapport sur la grande vague. Le service du phare est fait exclusivement par des indigènes. (Communication de M. J. S. VAN DROOGE, Inspecteur du balisage et de l'éclairage des côtes).

Page 71. Des extraits du journal de bord du trois-mâts *W. H. Besse*, reçus postérieurement, ont montré que la relation donnée p. 71 n'est pas tout à fait exacte. Pendant la nuit du 26 au 27 Août et le matin du 27, le navire ne se trouvait pas encore *dans* le détroit de la Sonde, mais au nord de la côte de Java, près de St. Nicolaaspunt. La relation, empruntée au journal cité dans la Note **127**, porte que l'île Bezée (Sebesi) était au N. O.; mais, au lieu d'île Bezée, il faudra lire île Babie (au N. de Bantam). Le 27, le navire était mouillé à 6 milles de St. Nicolaaspunt (il ne perdit *pas* d'ancre ce jour-là), le 28 il eut du calme et ce n'est que le 29 au soir qu'il passa devant Anjer.

La nouvelle relation que je vais communiquer a été lue à une séance de la Société royale de Victoria à Melbourne; le président, M. Ellery, a eu la bonté de remettre une copie de cette pièce à notre Consul général, par l'intermédiaire duquel elle m'est parvenue.

On y remarquera surtout la déclaration que la forte explosion de 10 heures a été entendue à bord du *Besse;* c'est là, à ma connaissance, la seule relation de navire où il soit parlé de cette détonation.

Experience of the Barque W. H. Besse *in the Java earthquake, taken from the logbook of the* 1st. *officer.*

«*Sunday, August* 26 1883. The day commenced with strong breezes and thick cloudy weather; at 4 a. m. hove short; at 6 a. m. got under weigh, wind S. W.; at 4 p. m. wind hauling ahead, came to anchor; the sky at this time having a threatening appearance; atmosphere very close and smoky, at 5 p. m. heard a quick succession of heavy reports sounding like the broadside of a man of war only far louder and heavier; heard these reports at intervals throughout the night; the sky was intensely dark the wind having a dull moaning; through the rigging also noticed a light fall of ashes. The sun when it rose next morning (*Monday, August* 27) had the appearance of a ball of fire, the air so smoky, could see but a short distance; at 6 a. m. thinking the worst of the eruption was over as the reports were not so frequent or heavy as during the night, got under weigh, having a fair wind, was in hopes to get out clear of the straits before night; *at* 10 *a. m. were within* 6 *miles of St. Nicholas point, when we heard some terrific reports* also observed a heavy black bank rising up from the direction of Krakatoa island, the barometer fell an inch at one jump, suddenly rising and falling an inch at a time, called all hands, furled all sails securely, which was scarcely done before the squall struck the ship with terrific force; let go port anchor and all the chain in, the locker wind increasing to a hurricane; let go starboard anchor, it had gradually been growing dark since 9 a. m. and by the time the squall struck us, it was darker than any night, I ever saw; this was 12 o' clock at noon (? Verb.), a heavy shower of ashes came with the squall, the air being so thick it was difficult to breathe, also noticed a strong smell of sulphur, all hands expecting to be suffocated; the terrible noises from the volcano, the sky filled with forked

lightning, running in all directions and making the darkness more intense than ever; the howling of the wind through the rigging formed one of the wildest and most awful scenes imaginable, one that will never be forgotten by any one on board, all expecting, that the last days of the earth had come; the water was running by us in the direction of the volcano at the rate of 12 miles an hour, at 4 p. m. wind moderating, the explosions had nearly ceased, the shower of ashes was not so heavy; so was enabled to see our way around the decks; the ship was covered with tons of fine ashes resembling pumice stone, it stuck to the sails, rigging and masts, like glue; so it was weeks before it was all removed, some of it still remaining on the wire backstays; one seaman was severely injured by walking off the forward house, so that he died the day after the ships arrival in Boston.

All day — *Tuesday*, *August* 28 — crew were employed in shovelling the ashes off the decks and clearing the cables and heaving up one anchor.

.*Wednesday afternoon*, *August* 29 got under weigh, was abreast of Anjer at 8 in the evening; saw no lights on shore or signs of life, although a fair wind furled all sail but topsails, kept on our course slowly and cautiously heaving the lead every few minutes; at daylight (*August* 30) the straits were covered with trees, so it was difficult finding a passage through; then passed large number of dead bodies and fish and thousands of green cocoanuts; at 6 p. m. were outside of the straits, the ocean for 600 miles was covered with ashes and lava, the water for a thousand miles having a dull grey color; five of the crew were taken sick with the Java fever the day after leaving the straits; buried one man at sea after rounding the Cape, experienced a very heavy gale in the Gulf and bad weather on the coast with only 5 men able to work the ship, and those completely done up; by the time we got a pilot on board off Highland light; one seaman dying the day after we arrived and several now going to the hospital".

M. le professeur H. Carvill Lewis de Philadelphie a examiné au microscope la cendre du *Besse* et l'a comparée avec une matière pulvérulente laissée par la neige qui tomba, en Janvier 1884, dans les faubourgs de cette ville (voir la lettre de M. Joseph Wharton dans le *Public Ledger* du 22 Janv. 1884). Cette poussière était composée de grains de quartz, de charbon, de scories, de particules

végétales et de quelques petits filaments et granules vitreux, ces derniers probablement originaires d'une verrerie. Il n'a donc pas la moindre analogie avec la cendre du Krakatau.

A la description de cette matière est joint un extrait du journal de bord du *Besse,* extrait que je crois devoir également reproduire, parce qu'il n'est pas tout à fait conforme au précédent. Il a été inséré dans les *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia,* 1884, p. 185—187.

Extracts from log of bark William H. Besse, *from Batavia towards Boston.*

Aug. 26. This day commences with light airs and calms. Light airs throughout the day. At 5.30 p. m. wind hauling ahead, let go starboard anchor with 30 fathoms chain, clewed up and furled all sail. Adam light (probablement le feu de Kombuis-eiland Verb.) bore W. (?) 1—4 S. and E. by S. Throughout the afternoon and night heard heavy reports, like the discharge of heavy artillerie, sounding in the direction of Java Island. Very dark and cloudy throughout the night, with continual flashes of lightning. Barometer 30.15.

Aug 27. Commences with strong breezes and thick, cloudy weather. Barometer 30.12. At 9.30 a. m. pilot left ship. Hove the lead every fifteen minutes. At daylight noticed a heavy bank to the westward, which continued to rise; and, the sun becoming obscured, it commenced to grow dark. *The barometer fell suddenly to* 29.50 *and suddenly rose to* 30.60. Called all hands, furled everything securely, and let go the port anchor with all the chain in the locker. By this time the squall struck us with terrific force and we let go starboard anchor with eighty fathoms chain. With the squall came a heavy shower of sand and ashes, and it had become by this time darker than the darkest night. The barometer continued to rise and fall an inch at a time. The wind was blowing a hurricane, but the water kept very smooth. A heavy rumbling, with reports like thunder, was heard continually; and the sky was lit up with fork lightning running in all directions, while a strong smell of sulphur pervaded the air, making it difficult to breathe. Altogether it formed one of the wildest and most awful scenes imaginable.

The tide was setting strong to the westward throughout the gale at the rate of ten knots per hour. At 3 p. m. the sky commenced

to grow lighter, although the ashes continued to fall. The barometer rose to 30.30 and dropped gradually to 30.14, when it became stationary. The whole ship, rigging and masts, were covered with sand and ashes to the depth of several inches.

Aug. 28. Commences with light airs and thick smoky weather. Hove up starboard anchor, and hove short on port anchor. Dead calm throughout the day and night. Saw large quantities of trees and dead fishes floating by with the tide; the water having a whitish appearance. and covered with ashes. This day ends with a dead calm, and thick smoky weather.

Aug. 29. This day commences wit calms and thick smoky weather. Made all sail throughout the day. Passed large quantities of driftwood, cocoanuts and dead fishes. At 8 p. m, passed Anjer and could see no light in the lighthouse and no signs of life on shore. Furled all light sails and stood under easy sail throughout the night. Day ends with moderate winds and cloudy weather. Barometer 30.14.

Aug. 30. Commences with moderate winds and cloudy weather. At daylight made all sail with a fresh breeze from the westward. Found the water for miles filled with large trees and driftwood, it being almost impossible to steer clear of them. Also passed large numbers of dead bodies and fish. Kept a sharp lookout on the forecastle throughout the day. At 10 a. m. sighted Java Head lighthouse, but the wind hauling ahead, we kept away, and went round Prince Island. Latter part fresh breezes and thick smoky weather.

Friday and Saterday (Aug. 31 *and Sept.* 1) passed large quantities of ashes in the water. Saturday crew employed in cleaning ashes off masts and rigging. Water had a green color."

Page 77 (et 59). Parmi les relations de navires, il convient de mentionner encore celle des péripéties traversées, devant Teloeq Betoeng, par la *Marie*, bâtiment employé au transport du sel; cette relation m'a été obligeamment envoyée par le propriétaire de la *Marie*, M. Landberg, de Batavia.

La lettre suivante, écrite par le second M. K. P. Stokhuyzen, à sa famille aux Pays-Bas, a été insérée dans un journal d'Amsterdam, *Het Nieuws van den Dag*, et reproduite par le *Java-Bode* du 22 Décembre 1883.

Les heures indiquées pour les détonations et les ondes sont probablement, en partie, plus ou moins inexactes.

Telok Betong, le 23 Septembre 1883.

»Ma dernière lettre, du 8 Septembre, était courte, je vous y annonçais seulement que j'avais heureusement échappé à la mort. Aujourd'hui je vous envoie plus de détails concernant le grand désastre auquel j'ai assisté.

Le dimanche, 26 Août, le temps avait été bon tout le jour, le ciel couvert, mais la mer calme. Vers six heures et demie du soir commença à tomber une pluie de cendre et de petites pierres; en même temps, la mer devint houleuse et de violents courants se produisirent, de sorte que le navire tournait incessamment, comme une toupie, autour de son ancre. Beaucoup de petits bâtiments, arrachés de leurs ancres, venaient continuellement heurter mon navire, ou allaient se briser sur la côte; j'ai encore pu repêcher, à ce moment, 10 hommes de prauwen naufragés.

Au matin la mer devint plus calme, mais, vu l'état menaçant du ciel, je ne m'y fiai pas et résolus de préparer une troisième ancre, pour pouvoir la laisser tomber au besoin. Nous étions encore occupés à cette besogne, lorsque je vis tout à coup monter à l'horizon de hautes masses d'eau, qui approchaient avec une rapidité effrayante. Immédiatement je fis fermer et clouer toutes les écoutilles et autres ouvertures; à peine cela était-il terminé, que la première lame nous atteignait. Ce fut un moment terrible, je crus que nous allions périr.

Le navire, grâce au ciel, résista à ces formidables vagues, mais il fut jeté sur le rivage, de sorte que, lorsque le flot se retira, je pus faire à pied sec le tour du bâtiment. Aussitôt après, je tins un conseil (le Capitaine était absent, Verb.), dans lequel l'équipage déclara ne pas vouloir rester plus longtemps à bord, parce que, si de pareils coups de mer se répétaient, le navire courait grand risque d'être entièrement brisé ou renversé sens dessus dessous. Je leur donnai la permission de quitter le navire; quant à moi, je pris le parti de ne pas abandonner le bâtiment qui m'était confié, de rester par conséquent à bord. L'équipage s'éloigna, mais une partie seulement put gagner la côte; les autres revinrent avec beaucoup de peine au navire, de sorte que j'eus de nouveau à bord 8 hommes et 3 femmes.

Vers 10 heures (ce doit avoir été plus tard; la grande onde parvint à $10^h\ 51^m$ à Teloeq Betoeng, voir p. 407 Verb.), je vis de nouveau arriver trois hautes lames; pour le coup, je ne doutai plus que ma dernière heure n'eût sonné, car le navire était couché sur le rivage, et cela en travers, de sorte que les vagues déferlantes pouvaient s'abattre sur

lui de toute leur force. Je fis une courte prière, pensai à vous tous et attendis avec résignation ce qui allait survenir. Le bâtiment fut soulevé comme une balle et jeté sur le flanc. Dans cette position, les lames passèrent sur la *Marie*.

Entre-temps, par suite de la cendre et de la boue qui tombaient en abondance, l'obscurité était devenue complète.

Soudain nous entendîmes une détonation, pareille à l'explosion d'un magasin de poudre. (C'était probablement la détonation qui eut lieu vers 11 heures; la détonation de 10 heures, qui fut entendue à l'hôtel de la Résidence, situé à une assez grande hauteur, paraît ne pas avoir été perçue à bord de la *Marie*, et réciproquement les habitants de Teloeq Betoeng ne font aucune mention de la détonation de 11 heures. VERB.). Le ciel était comme en feu, et il y avait dans l'air une vapeur sulfureuse asphyxiante.

Vers 3 heures de l'après-midi je reçus encore une fois trois lames par-dessus bord, ce furent les dernières. La pluie de cendre tombait sans interruption, et la clarté du jour ne se montra plus. Le navire, qui avait continuellement et fortement talonné, cessa de le faire. Je ne savais où j'étais, je me croyais échoué haut et à sec.

Enfin reparut le jour, si ardemment désiré. Jamais je n'en ai salué le retour avec plus de joie que ce Mardi matin.

En arrivant sur le pont, je restai muet de consternation. De tous les bâtiments en rade, la *Marie* seule avait été sauvée, comme par miracle. Nous flottions de nouveau en eau profonde, et je pense que la dernière haute vague nous avait emportés du rivage. Un bateau croiseur était échoué, la quille en l'air; un vapeur du Gouvernement, la veille en rade, était devenu invisible et fut retrouvé 3 jours plus tard dans les terres, à deux poteaux de distance; six hommes, parmi lesquels le machiniste et le second, avaient péri. Trois schooners et divers autres bâtiments avaient totalement disparu. Il en était de même du phare et de la ville entière, avec tous ses édifices, publics ou privés.

Une île plantée de cocotiers et habitée par environ 100 personnes, était au ras de la mer et tous les habitants avaient trouvé la mort dans la catastrophe.

Nous avons perdu 4 personnes, parmi lesquelles 2 femmes".

Page 143. *Cendre à bord de navires.* M. W. F. STANLEY fait mention de cendre tombée le 27 Août, à l'épaisseur de 18 *inches* en 24 heures, sur le *Norham Castle*, à 57 milles marins de

Krakatau. La position exacte du navire n'est pas donnée. (*Quarterly Journal of the R. Meteor. Society*, Vol. X, 1884, p. 189).

Page 145. *Le soleil bleu* a été vu à Strong's Island (Kusaie) dès le *matin* du 7 Septembre, suivant une communication postérieure de M. S. E. Bishop dans *Nature* N°. 796, 29 Janv. 1885, p. 288. Cela s'accorde parfaitement avec notre calcul, p. 152.

Page 186. Quelques échantillons de la roche à tridymite de Krakatau ont été offerts par moi au savant qui a découvert le minéral tridymite, M. le professeur G. vom Rath, de Bonn. Parmi les cristaux des cavités, quelques-uns se prêtaient à une mesure des faces. L'un de ces cristaux, une macle binaire, ressemblant beaucoup aux cristaux analogues de Pachuca (*Pogg. Annalen*, Band 152, Taf. I, Fig. 6), a été décrit et figuré par M. vom Rath dans son Mémoire: *Tridymit von Krakatau*, Verhandlungen des Naturh. Vereins d. preuss. Rheinl. u. Westf. 1884, S. 326—333. Mit Abbildung, Taf. VI, Fig. 18.

Page 209. Les lieux où les navires mentionnés p. 31 et p. 209 rencontrèrent de la ponce sont indiqués sur la fig. 6, sauf en ce qui concerne le vapeur *Paramatta*, dont je n'ai reçu la relation que lorsque la carte était déjà envoyé en Europe, pour y être reproduite.

Page 209. Le 13 Avril 1884, M. Antoine, commandant du *Boursaint*, recueillit de la ponce à 15 milles marins de la côte N. E. de Madagascar, par 14° 35′ Lat. S. et 48° 2′ Long. E. de Paris. Cette ponce était incrustée de coquillages. Communication de M. Alph. Milne Edwards dans les *Comptes Rendus*, 13 Octobre 1884, p. 602.

Page 209. Suivant communication de M. l'ingénieur des mines R. Fennema, la mer, en Décembre 1884 et Janvier 1885, charriait encore beaucoup de ponce sur la côte sud de Java, aux environs de Tjilatjap.

Page 209. La ponce qui, en Juin et Juillet 1884, flottait dans la mer de Banda, a été entraînée par des courants et des vents

d'ouest entre Halmahera (Djilolo) et la partie N. O. de la Nouvelle-Guinée, et se trouvait, aux derniers mois de 1884, entre les îles Carolines et Marshall. D'après M. S. E. Bishop, la *Jennie Walker*, capitaine Holland, a rencontré beaucoup de ponce et de troncs d'arbres flottants entre Ruk ou Hogolen (sur la carte marine anglaise Truk ou Hogulu) et Jaluit ou Bonham-Island, îles qui sont éloignées l'une de l'autre d'environ 1080 milles marins.

Le Rév. E. T. Doane, de l'île Ponapi (158° 20′ Long. E. de Gr. et 6° 47′ Lat. N.), rapporte que de grandes quantités de ponce flottaient autour de cette île, et, suivant le Rév. Dr. Pease, de la ponce arriva sur la côte ouest de Kusaie, il y a déjà plusieurs mois (*Nature*, No. 796, 29 Janv. 1885, p. 289).

Les îles dont il vient d'être question sont toutes situées entre 5° et 8° Lat. N., zone où règne généralement le *contre-courant équatorial*, de l'ouest à l'est. A Kusaie seule le courant est ordinairement dirigé vers l'ouest, mais en 1884 la direction prédominante était, là aussi, vers l'est. Comme ce courant, selon l'opinion reçue, se continue sans interruption jusqu'à l'Amérique, — ce qui pourtant n'est pas encore absolument certain, — il est probable que la ponce avancera peu à peu vers l'est, et finira par arriver à la côte Ouest d'Amérique, près de Panama. La vitesse moyenne du courant n'étant pas, toutefois, de plus de 0.6 mille par heure, il pourra bien encore se passer 15 mois (à compter du 1er Janvier 1885) avant que la ponce n'atteigne la côte de l'Amérique.

Page 342. A Bandoeng (Régences de Preanger) la plus forte détonation fut entendue avant 10h 30m du matin, le 27 Août (communication orale de M. W. de Jongh Dzn., ingénieur des chemins de fer de l'Etat). C'était, évidemment, la détonation de 10 heures.

NOTES.

---

154. R. D. M. Verbeek. Topographische en geologische beschrijving van een gedeelte van Sumatra's Westkust. Batavia 1883 p. 541—550.

155 R. Hoernes. Erdbebenstudien. Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt. 1878 p. 387.

156 Daubrée. Rapport sur le tremblement de terre ressenti à Ischia, le 28 Juillet 1883; causes probables des tremblements de terre. Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences. Tome XCVII, 8 Octobre 1883.

157. H. J. Johnston Lavis. The Ischian earthquake of July 28, 1883. With Map. Nature N°. 723 September 6, 1883 p. 437—439.

157ª. G. Mercalli. L'Isola d'Ischia. Milano 1884.

158. Voir le Rapport de M. Daubrée, cité au N°. 156.

159. F. Cordenons. Etude sur les tremblements de terre et les volcans. Archives des sciences physiques et naturelles de Genève. Tome X, 1883 page 119—150 et 244—270.

160. A. Perrey. Propositions sur les tremblements de terre et les volcans. Paris 1863.

161. R. Falb. Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulkanausbrüche. Graz. 1869—1871.

Un résumé succint de la théorie de Falb se trouve dans: Sirius, Zeitschr. für pop. Astronomie 1868 N°. 23 und 24.

162. J. F. Schmidt. Studien über Erdbeben. Leipzig 1875.

163. F. A. Forel. Archives des sciences phys. et nat. de Genève. Tome VI 1881, p. 487.

164. Communication de M. A. P. Melchior, ingénieur du Waterstaat à Batavia, qui voulut bien, à ma demande, exécuter les calculs en question.

165. Daubrée. Expériences sur la possibilité d'une infiltration capillaire au travers des matières poreuses, malgré une forte contrepression de vapeur; applications possibles aux phénomènes géologiques. Bulletin de la Société géologique, Tome XVIII 1861, p. 193--202.

165a. M. M. Erhard et Schertel ont déterminé la température de fusion de quelques roches, par comparaison avec des alliages d'or et de platine, dont les points de fusion avaient été fixés à l'aide de thermomètres à air en porcelaine. Ils trouvèrent:

Roches:	*Température de fusion:*
Basalte à néphéline de Neudorf près d'Annaberg . .	1080° à 1106° Cels.
Mélaphyre du M. Mulatto près de Predazzo Rétinite d'Arran	. . . 1106°
Basalte à leucite de Pöhlberg près d'Annaberg . . .	1130°
Syénite d'Edle Krone près de Tharand . Porphyre rétinitique de Leissnig. . . . Porphyre quartzifère du Vál Travignolo près de Predazzo	. . . 1130° à 1160°
Asbeste	environ 1300°

(Th. Erhard und A. Schertel. Die Schmelzpunkte der *Prinsep*'schen Legirungen und deren pyrometrische Verwendung. Jahrb. f. d. Berg- und Hüttenwesen im Königr. Sachsen 1879 p. 154—170. On trouve une analyse de ce travail dans le N. Jahrb. f. Mineralogie etc. 1880, I, p. 188 des Referate).

166. Joh. Müller. Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 8te Auflage, bearbeitet van L. Pfaundler 1879. Band II. p. 259 et 291. La température critique donnée pour la vapeur d'eau par Cagniard de la Tour est un peu incertaine, les tubes de verre employés aux expériences ayant été attaqués par la vapeur surchauffée.

M. le professeur J. D. van der Waals, d'Amsterdam, évalue cette température, d'après des considérations théoriques, à 390° Cels., et la pression critique à 280 atmosphères. (Communication de M. le Prof. J. Bosscha, de Delft; voir aussi deux mémoires de M. le professeur J. D. van der Waals, dans »Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen Afd. Natuurkunde". Tome XX, Amsterdam 1880). M. Daubrée, dans l'article ci-dessus cité (Voir N°. **156**), dit que la température critique de la vapeur d'eau se trouve, suivant M. Clausius, à 332°. Il s'agit donc ici de 332° Réaumur = 415° Cels.

166a. Grove. Jahresbericht für Chemie für 1847 und 1848, p. 326; Ann. der Chemie und Pharm., Band 63, p. 1; Poggend. Annalen, Band 76, p. 447. H. Sainte-Claire Deville. Comptes Rendus, Tome 45 p. 857; Jahresbericht für Chemie für 1857, p. 58; Ann. der Chem. und Pharm., Band 105, p. 383. H. Sainte-Claire Deville. Comptes Rendus, Tome 56, p. 195; Jahresbericht für Chemie für 1863, p. 27.

166^b. Voir à ce sujet: ALEX. NAUMANN. Thermochemie, Braunschweig 1882, p. 107—167.

En outre: LOTHAR MEYER. Die modernen Theorien der Chemie, 5[te] Auflage 1884, p. 411 et suiv. et p. 479 et suiv.

166^c. F. Fouqué. Santorin et ses éruptions, Paris 1879.

167. F. NAUMANN. Lehrbuch der Geologie 2[te] Auflage Band I, p 130.

BREISLAK. Lehrbuch der Geologie, Band II, p. 126.

168. BUNSEN. Ann. der Chemie und Pharmacie. Band 62, 1847, p 1. Aussi dans POGG. Annalen Band 72, 1847, p. 159.

169. CORDENONS. Dans l'Etude citée au N°. **159**.

169^a. G. BISCHOF. Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, Leipzig 1837. A la page 276, dans la note, on lit: »Die Beobachtungen am *Vesuv*, so wie am *Pic von Teneriffa* zeigen, dass die meisten Aschen zuletzt ausgeworfen werden, und das Ende der Eruption verkünden." Et à la page 277, dans la note: »Mit diesen allgemeinen Bemerkungen in nächster Beziehung steht auch der Umstand, dass die grossen Lavaströme, wie namentlich beim *Aetna* und *Vesuv*, nicht von dem Krater selbst kommen, und dass die Menge der geschmolzenen Materien gewöhnlich im umgekehrten Verhältniss mit der Höhe steht, in welcher sich die Spalte gebildet hat, welche die Laven auswirft. Aber auf diesen beiden Vulkanen endigt sich ein Seiten-Ausbruch jedesmal mit einem Auswurf von Aschen durch den Krater, d. h. durch den Gipfel des Berges selbst."

170. VERBEEK. Top. en geol. beschrijving van Sumatra's Westkust. Batavia 1883, p. 402.

171. VERBEEK en FENNEMA. Nieuwe geol. ontdekkingen op Java. Verh. der Koninkl. Akad. van Wetensch. Afd. Natuurkunde, Deel XXI, Amsterdam 1881, p. 14 et 15. Voir aussi: VERBEEK. Top. en geol. beschrijving van Zuid-Sumatra. Jaarb. van het Mijnwezen in Nederl. O.-Indië, 1881. Deel I. p. 152.

---

172. Extrait du Javasche Courant et des rapports officiels de divers fonctionnaires.

---

173. La courbe O C B (fig. 33), que parcourt dans le vide un point O, lancé avec une vitesse initiale v_0 sous un angle α, a pour équation, par rapport aux axes rectangulaires O X et O Y:

$$y = x \tan \alpha - \frac{g\,x^2}{2\,v_0^2 \cos^2\alpha}.$$

Cette équation de la trajectoire des projectiles dans le vide est celle d'une parabole. On en déduit les valeurs suivantes:

Amplitude du jet sur l'axe des X. . $OB = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$.

Abscisse du point culminant. . . . $OD = \frac{v_0^2}{2g} \sin 2\alpha = \frac{1}{2}\, OB$.

Hauteur du point culminant . . . . $CD = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2\alpha$.

Inclinaison φ en un point de la trajectoire $\tan\varphi = \tan\alpha - \frac{gx}{v_0^2 \cos^2\alpha}$.

Angle d'incidence β sur l'axe des X . $\beta = \alpha$.

Vitesse v en un point de la trajectoire . $v = \sqrt{(v_0^2 - 2gy)} = \frac{v_0 \cos\alpha}{\cos\varphi}$.

Vitesse finale v_1 sur l'axe des X . . $v_1 = v_0$,

Durée t du trajet jusqu'en un point de la trajectoire $t = \frac{x}{v_0 \cos\alpha}$.

Durée t_m du trajet total de O en B. . $t_m = \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g}$.

(Seijffardt. Handleiding tot de kennis der Artillerie, 2de druk 1883 p. 6).

En prenant $\alpha = 10°$ et une distance $OB = x = 40000$ mètres, pour Ketimbang, on a:

$$x = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha.$$

$$v_0^2 = \frac{gx}{\sin 2\alpha} = \frac{9.781 \times 40000}{\sin 20°}.$$

$$v_0 = 1069.54 \text{ mètres.}$$

$$y_{max} = CD = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2\alpha = \frac{(1069.54)^2}{2 \times 9.781} \times \sin^2 10° = 1763.27 \text{ mètres.}$$

$$t_m = \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{2 \times 1069.54 \times \sin 10°}{9.781} = 37.976 \text{ secondes.}$$

Pour $\alpha = 45°$ on a:

$$v_0^2 = \frac{gx}{\sin 2\alpha} = gx = 9.781 \times 40000 = 391240.$$

$$v_0 = 625.49 \text{ mètres.}$$

$$y_{max} = CD = \frac{v_0^2}{2g} \times \sin^2\alpha = \frac{v_0^2}{2g} \times \left(\tfrac{1}{2}\sqrt{2}\right)^2 = \frac{v_0^2}{4g} = \frac{x}{4} = 10000 \text{ mètres}$$

$$t_m = \frac{2 v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{2 \times 625.49 \times \sin 45°}{9.781} = 90.4 \text{ secondes.}$$

Pour $\alpha = 80°$: $v_0^2 = \frac{gx}{\sin 2\alpha} = \frac{gx}{\sin 160°} = \frac{gx}{\sin 20°}$.

$v_0 = 1069.54$ mètres (même valeur que pour 10°).

$$y_{max} = CD = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2\alpha = \frac{(1069.54)^2 \sin^2 80^\circ}{2 \times 9.781} = 56712.8 \text{ mètres.}$$

$$t_m = \frac{2\, v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{2 \times 1069.54 \times \sin 80^\circ}{9.781} = 215.37 \text{ secondes.}$$

Par conséquent dans le vide, en chiffres ronds:

	v_0	Hauteur du point culminant.	Durée t_m du trajet.
$\alpha = 10^\circ$.	1070 mètres.	1763 mètres.	38 sec.
$\alpha = 45^\circ$.	$625^1/_2$ »	10000 »	90 »
$\alpha = 80^\circ$.	1070 »	56713 »	215 »

Pour apprécier l'influence que le vent peut exercer sur ces projectiles, on procédera, en considérant la fig. 33, de la manière suivante:

Pour un certain point F de la courbe, on a:

$$x = OG = v_0 t \cos\alpha,$$

$$y = FG = EG - EF = v_0 t \sin\alpha - \tfrac{1}{2} g t^2,$$

vu que E F représente le chemin que le point O parcourt, dans le temps t, sous la seule influence de la pesanteur. En éliminant t de ces deux équations, nous obtenons l'équation, donnée ci-dessus, de la trajectoire des projectiles dans le vide: $y = x \tang\alpha - \frac{g x^2}{2 v_0^2 \cos^2\alpha}$.

Si maintenant le vent souffle avec une vitesse p dans la direction de O à B, la valeur de x devient, comme il est facile de le voir:

$$x = v_0 t \cos\alpha + p\, t.$$

tandis que celle de y ne change pas, mais reste $y = v_0 t \sin\alpha - \tfrac{1}{2} g t^2$. Eliminant *t* de ces deux équations, on trouve:

$$y = v_0 \sin\alpha \times \frac{x}{v_0 \cos\alpha + p} - \frac{g}{2} \times \frac{x^2}{(v_0 \cos\alpha + p)^2},$$

et après avoir posé $y = o$:

$$o = v_0 \sin\alpha - \frac{g\, x}{2 (v_0 \cos\alpha + p)}, \text{ d'où:}$$

$$x = \frac{2\, v_0 \sin\alpha\, (v_0 \cos\alpha + p)}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} + \frac{2\, v_0 \sin\alpha \times p}{g}.$$

La nouvelle amplitude du jet est donc égale à l'ancienne $\left(\frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}\right)$, augmentée de la quantité $\frac{2\, v_0 \sin\alpha \times p}{g} = t_m \times p$, qui naturellement dépend de la vitesse du vent.

Pour $\alpha = 10°$ cette quantité devient $t_m \times p = 38$ p.
Pour $\alpha = 45°$ » » » $t_m \times p = 90$ p.
Pour $\alpha = 80°$ » » » $t_m \times p = 215$ p.

Supposons un vent fort, qui exerce, par exemple, un peu plus de 30 kilogrammes de pression par mètre carré; la vitesse de ce vent sera de 17 mètres par seconde. (D'après les indications de M. DITTLOF TJASSENS, de Batavia, le vent qui exerce une pression de 30 kilogrammes par mètre carré a une vitesse de 60.5 kilomètres par heure: suivant la formule donné par M. FRANZIUS, *Der Wasserbau, Handbuch der Ingenieurswissenschaften*, Band III 1879, p. 738, la pression de 30 kilogrammes correspond à une vitesse de 57 kilomètres, valeur qui diffère peu de la précédente. Enfin, dans le *Handbuch der Oceanographie und maritimen Meteorologie*, Wien, 1883, Band II p. 633, on trouve la formule suivante:

$$D = 0.132\ v^2,$$

où D est la pression du vent en kilogrammes par mètre carré, et v la vitesse en mètres par seconde. Pour D = 30 kilogr., on obtient v = 15.08 mètres, ou $54^1/_4$ kilomètres par heure, donc une valeur un peu moindre que les deux précédentes. Pour D = 38.148, on a : v = 17. Dans le calcul suivant, j'ai supposé une vitesse de 61.2 kilomètres par heure = 17 mètres par seconde).

Nous trouvons alors:

Pour $\alpha = 10°$, la différence d'amplitude du jet $= 38 \times 17 = 646$ mètres.
Pour $\alpha = 45°$, » » » » » $= 90 \times 17 = 1530$ »
Pour $\alpha = 80°$, » » » » » $= 215 \times 17 = 3655$ »

On voit que l'influence du vent sur ces tirs n'est pas très considérable: même pour un angle de tir de 80°, la portée de 40 kilomètres n'est augmentée, par un vent *très fort*, que de $3^1/_2$ kilomètres, et cela en supposant le cas le plus favorable, celui où toute la force du vent agit horizontalement et dans la direction même de la trajectoire.

Les formules relatives à la trajectoire dans l'atmosphère ne peuvent être établies, les lois de la résistance de l'air n'étant encore connues qu'imparfaitement, surtout pour les grandes vitesses dont il s'agit ici.

Pour la construction des tables de tir on se borne donc à prendre, au lieu de la formule donnée, la suivante:

$$y = x \tang \alpha - \frac{g\,x^2}{2\,v_0^2 \cos^2\alpha}\,(1 + A\,x + B\,x^2),$$ et à déterminer expérimentalement la valeur des coefficients A et B.

174. Indications fournies par le Chef de l'Etat-major, le colonel A. HAGA.

175. Nature N°. 730, Octobre 25, 1883, p. 612.

176. Observation du 5 Juin 1876. Jaarb. Mijnwezen 1881, I, p. 171.

177. A Bengkalis, Siak, Pakan baroe et Poeloe Lawan (Pelalawan) il tomba une couche de cendres extrêmement mince. A l'embouchure de la rivière Rokkan, il ne tomba *pas* de cendre. Rapport officiel du Résident de la Côte est de Sumatra au Directeur de l'Instruction publique, des Cultes et de l'Industrie, en date du 29 Décembre 1883.

178. A Singapore, une mince couche de matière pulvérulente a été remarquée sur les meubles le 27 Août, à 8 heures du soir. Java Bode du 4 Sept. (d'après le Straits Times). Soer. Handelsblad N°. 209 (également d'après le Straits Times).

179. A Tandjoeng Pinang, chef-lieu de la résidence Riouw, situé dans l'île Bintang, il n'est *pas* tombé de cendre. On n'a pas non plus signalé de pluie de cendre à Batam, ni à Karimon; il est probable néanmoins que dans ces localités il sera tombé, de même qu'à Singapore, dont elles sont très voisines, une quantité de poussière extrêmement faible. A l'île Lingga, le jour s'obscurcit fortement le 27 Août, à 3 heures de l'après-midi, mais aucune chute de cendre n'eut lieu. Le Mardi 28, il tomba une fine pluie de cendre. (Communication privée du Résident de Riouw; rapport officiel du même au Directeur de l'Instruction publique, du 28 Décembre; rapport officiel de l' Assistant-Résident de Lingga au Résident de Riouw, du 30 Août).

180. D'après le Résident de Banka (rapport officiel au Directeur de l'Instruction publique, du 8 Décembre), il n'est pas tombé de cendre dans cette résidence; une fine poussière, en quantité très insignifiante, aurait seulement voltigé dans l'air à Muntok (lettre du Résident de Banka à l'auteur, du 15 Déc.). Suivant le maître de port, toutefois, une mince couche de cendre a été observée à Muntok dans la matinée du Lundi 27 Août (Etats mensuels de l'éclairage de la Côte de Muntok, mois d'Août).

181. Dans l'île Noordwachter il est tombé de la cendre. (Voir le Chapitre III et la Note **120**).

182. Dans la résidence Krawang, il n'est *pas* tombé de cendre sur les terres de Pamanoekan et de Tjiasem. A partir du kampoeng Tempoeran, près de la côte, la limite se dirige en ligne presque droite vers le volcan Boerangrang. Les localités Dawoean, Poerwakarta et Wanajassa tombent donc en dedans de la limite (Communication privée du Résident de Krawang).

183. Dans la résidence Régences de Preanger, de la cendre a été observée à Tjipadalarang, Batoe-Djadjar, Tjililin, Tjisandaoet, Goenoeng Haloe et même encore un peu plus à l'est, mais non au chef-lieu Bandoeng, ni dans le district Tjisondari. (Communication privée du Contrôleur de West-Bandoeng, le baron H. V. Bentinck, à Tjipadalarang; rapport officiel du Résident des

Régences de Preanger au Directeur de l'Instruction publique, du 5 Nov. 1883.

La limite des cendres va donc du Boerangrang, en passant près de Bandoeng, au volcan Patoea et à son contre-fort septentrional; ensuite, la cendre fut arrêtée par le versant nord du Beng-Breng, de sorte qu'il n'en est *pas* tombé au sud de cette croupe montagneuse, par exemple à Sindang-Barang.

La limite des cendres atteint la Côte sud près de l'embouchure du Tji (rivière) Boeni (Communication privée de l'Assistant-Résident J. J. Bischoff, à Tjandjoer).

184. Aux îles Kokos, de la cendre tomba depuis le Lundi 27 Août, 4 heures de l'après-midi, jusque dans la nuit du Mercredi au Jeudi, 29 au 30 Août; la direction du vent, durant ce temps, fut N. N. E. à N. E.; la cendre était très fine, l'épaisseur de la couche fut estimée à $^1/_2$ pouce (anglais), estimation probablement beaucoup trop forte. Un navire de M. Ross, le *Tweed*, qui se trouvait à 320 milles de Krakatau, reçut sur son pont jusqu'à 7 (?) pouces (anglais) de cendre; ce chiffre aussi est sans doute exagéré. (Renseignement de M. Ross, de l'île Keeling, qui m'a été communiqué par M. P. Landberg, de Batavia).

185. Sur toute l'étendue de la résidence Benkoelen il est tombé de la cendre. Dans la division Mokko-Mokko, toutefois, la chute eut très peu d'importance. (Rapport officiel du Résident de Benkoelen au Directeur de l'Instruction publique, du 7 Décembre 1883).

186. Ni à Indrapoera, ni aux XII Kotas, les deux sous-divisions les plus méridionales du Gouvernement de la Côte ouest de Sumatra, il n'est tombé de cendre. (Rapport officiel du Gouverneur de la Côte ouest de Sumatra au Directeur de l'Instruction publique, du 26 Décembre 1883). De Mokko-Mokko, la limite des cendres revient donc, en passant au sud et à l'est des Hauts-pays de Padang, à Bengkalis, notre point de départ sur la Côte est de Sumatra.

187. On a calculé que par bouw (ou bahoe) de 500 perches carrées du Rhin, ou 7096.5 mètres carrés, il est tombé 2160 kilogrammes de cendre (indication de l'Assistant-résident O. A. B. Lautier, à Soekaboemi).

On a donc, en attribuant à la cendre poreuse une densité de 2.2:

$$7096.5 \times x \times 2.2 = 2160 \ldots\ldots \text{(l'épaisseur x en millim)},$$

$$\text{d'où: } x = {}^1/_7 \text{ millimètre.}$$

188. A Buitenzorg il est tombé en moyenne, par mètre carré, 315 grammes de cendre séchée. Par conséquent:

$$x \times 2.2 = 0.315, \text{ ou } x = 0.143 = {}^1/_7 \text{ millimètre.}$$

189. Rapport officiel du Résident de Bantam au Directeur de l'Instruction publique, du 12 Octobre.

190. Observations de l'auteur, sur les lieux mêmes, en Octobre.

191. Annexes des Contrôleurs à la missive officielle du Résident des Lampongs au Directeur de l'Instruction publique, en date du 14 Décembre 1883.

A Teloeq Betoeng, au mois d'Octobre, l'épaisseur ne se laissait plus bien mesurer.

Le Contrôleur VAN HASSELT, à Soekadana, rapporte qu'il est tombé dans cette localité, par mètre carré, 16 kilogr. de cendre, ce qui correspond à 7 millim. d'épaisseur. Le Contrôleur de Sepoeti parle de 25 livres d'Amsterdam, soit 6 millimètres.

D'après les indications du Javasche Courant du 2 Octobre, l'épaisseur de la cendre aurait été à Sepoeti (Goenoeng Soegi) de „la largeur de la main", à Soekadana de $0^m.03$ et même à Goenoeng Raja de $0^m.2$, chiffres en complète discordance avec ceux donnés plus haut, de 6 et 7 millimètres, et indubitablement beaucoup trop élevés; en général, les déterminations du poids ont plus de valeur que les indications concernant l'épaisseur, celle-ci étant presque toujours estimée trop haut. Le chiffre donné pour Menggala paraît être notablement trop fort.

192. Sauf pour Kroë, où l'épaisseur de la couche de cendre fut mesurée immédiatement, les nombres de Benkoelen sont probablement tous beaucoup trop élevés.

Nulle part, dans cette résidence, le poids ne fut convenablement déterminé. (Rapport officiel du Résident de Benkoelen au Directeur de l'Instruction publique, du 7 Décembre 1883).

193. Annexes des Assistants-Résidents et des Contrôleurs à la missive officielle du Résident de Palembang au Directeur de l'Instruction publique, en date du 24 Décembre 1883.

194. Rapport officiel du Résident de la Côte est de Sumatra au Directeur de l'Instruction publique, du 29 Décembre 1883; et Javasche Courant du 30 Octobre.

195. Rapport officiel du Résident de Riouw au Directeur de l'Instruction publique, du 28 Décembre 1883.

196. Rapport officiel du Résident de Banka au Directeur de l'Instruction publique, du 8 Décembre 1883.

197. JUNGHUHN, Java. Traduction allemande, T. II, p. 819—828.

197ª. Java Government Gazette, Vol. IV, May 20, 1815. N°. 169. Ce numéro contient un article assez détaillé en anglais, — dont on trouve aussi, dans le numero suivant, N°. 170, du 27 Mai, la traduction hollandaise, — emprunté

à une lettre particulière du Capitaine d'un navire qui, lors de l'éruption du Tambora, se trouvait à Macassar. Des détonations y avaient déjà été perçues le 5 Avril. Pendant la nuit du 10 au 11 Avril, on entendit de nouveau des détonations, mais beaucoup plus intenses et qui devinrent surtout violentes dans la matinée du 11, à tel point que le navire et les maisons du fort tremblèrent fortement. Entre 10 et 11 heures du matin il commença à tomber de la cendre, à 11 heures il faisait très obscur, à midi l'obscurité était complète. Le lendemain matin (12 Avril), après $7^{h}\,{}^{1}/_{2}$, la clarté commença à renaître peu à peu; vers midi le soleil apparut très faiblement à travers l'atmosphère chargée de poussière. Ce jour-là et le suivant (13 Avril), la cendre continua, sans interruption, à tomber en petite quantité. Etant allé à terre à Moressa, le capitaine trouva le sol partout couvert d'une couche de cendre, qui avait $1\,{}^{1}/_{4}$ pouces anglais ($0^{m}.032$) d'épaisseur. Macassar est situé à peu près au nord du Tambora, à une distance d'environ 217 milles marins (400 kilomètres).

Du 12 au 15 le ciel resta sombre et couvert; le 15 Avril le capitaine mit à la voile, le 18 il arriva en vue de l'île Sumbawa, où furent rencontrés de grands bancs de ponces flottantes, et le 19 il entra en rade de Bima. L'épaisseur de la couche de cendre, près de Bima, s'élevait à $3\,{}^{3}/_{4}$ pouces anglais ($0^{m}.095$). En ce point, situé à 40 milles marins à l'est du Tambora, la pluie de cendre avait commencé à tomber le 11 Avril à 7 heures du matin, et elle avait duré 12 heures plus longtemps qu'à Macassar (par conséquent jusqu'au 14 Avril au matin? Verb.). La mer aussi avait été violemment agitée, de sorte que l'eau s'était élevée à 1 pied de hauteur dans les maisons de Bima, et que de nombreux prauwen avaient été jetés à la côte.

Voir aussi une courte relation dans le Algemeene Konst- en Letterbode de l'année 1815, T. II. On y donne, pour l'épaisseur de la couche de cendre à Macassar, le chiffre $1\,{}^{1}/_{2}$ pouces.

198. Java Bode du 4 Septembre.

199. Communiqué par M. Meldrum dans le Mauritius Mercantile Record. Reproduit dans Nature N°. 732, Nov. 8, p. 32 etc.

200. Tägliche Rundschau N°. 292, 1883. Meteor. Zeitschr., Februar 1884, p. 54.

201. Communication particulière de M. Ross, de l'île Keeling, reçue par l'entremise de M. P. Landberg, de Batavia.

202. Algemeen Dagblad du 2 Novembre.

203. Comptes Rendus N°. 21, 19 Nov. 1883. Communiqué par M. Daubrée.

204. Nature N°. 732, Nov. 8. Communication de M. Meldrum.

204^{a}. Neues Jahrb. für Min. 1884, II, p. 32.

204[b]. Meteorologische Zeitschrift 1884 p. 55.

205. Nature N°. 732, Nov. 8. Communication de M. MELDRUM.

206. Nature N°. 737, Dec. 13, p. 152.

207. Weekly Ceylon Observer N°. 40, Colombo Oct. 13. Extrait du Ceylon Observer du 1er October.

208. Nature N°. 737, Dec. 13, p. 154. Communication de Perth. C'est probablement de ce même navire qu'il s'agit, dans le même numéro de Nature, p. 150.

209. Gold Coast Times du 14 Sept., reproduit dans Nature N°. 736, Dec. 6, p. 133.

210. Communication de M. ZAALBERG, pasteur à Paramaribo, reproduite par „de Locomotief" N°. 262.

211. Nature N°. 728, Oct. 11.

211[a]. Meteorologische Zeitschrift. Februar 1884 p. 56.

212. Nature N°. 737, Dec. 13, p. 152.

213. Nature N°. 754, April 10, p. 549. Communications de M. SERENO E. BISHOP à Honolulu.

213[a]. Nature N°. 755, April 17, p. 573. Communication du même.

214. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 174. Communications du même.

214[a]. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 181. Communication de M. G. F. BURDER, passager à bord du *Zealandia*.

215. Nature N°. 779, Oct. 2, p. 537. Communications de M. BISHOP.

216. Ceylon Observer 10 et 11 Sept. Soleil vert à Colombo et autres lieux de Ceylan, ces deux jours.

Ceylon Observer du 17 Sept. Manipay, Jaffna 10 Sept.; Madulsima 11 et 12 Sept., Batticaloa 11 Sept.

Ceylon Observer du 18 Sept. Madras 9—12 Sept.

Ceylon Observer du 20 Sept. Amblantota 9—11 Sept.

Weekly Ceylon Observer N°. 37, Colombo Sept. 17. Soleil vert à Colombo, Puleadierakam, Batticaloa et dans tout le reste de Ceylan du 9—12 Sept.

A Colombo, pendant ces jours du 9—12 Sept., la chaleur fut positivement moindre que d'ordinaire.

Weekly Ceylon Observer N°. 38. Colombo, Sept. 29. Calicut, Bellary, Karnool et autres lieux de l'Inde anglaise méridionale. Toutes les informations parlent de couleurs bleuâtres et vertes du soleil.

217. Nature N°. 728, Oct. 11, p. 575. Communication de M. W. R. MANLEY, d'Ongole (sur la côte orientale de l'Inde anglaise, au nord de Madras). A partir de 4 heures il vit le soleil d'abord vert-bleuâtre, puis vert, ensuite vert-jaunâtre; après le coucher du soleil, une lueur jaune, qui

plus tard devint orange et rouge, resta visible à l'Occident pendant 1 heure.

Nature N°. 729, Oct. 18, p. 597. Communications sur le soleil vert à Ceylan, reproduites d'après le Ceylon Observer.

Nature N°. 730, Oct. 25, p. 611. A Ongole les lueurs furent observées, du 22 au 24 Septembre, pour la seconde fois, mais elles étaient beaucoup plus faibles qu'à leur première apparition.

Nature N°. 731, Nov. 1, p. 7. Sur le soleil vert à Colombo du 9—11 Sept.

Nature N°. 732, Nov. 8, p. 28, et N°. 733, Nov. 15, p. 54. Communications de M. C. Michie Smith, de Madras, annonçant que le soleil, la lune et les étoiles, après le lever et avant le coucher, avaient eu des couleurs vertes du 8 (?) au 14 Septembre, et pour la seconde fois du 22 au 24 Septembre. Le spectre indiquait beaucoup de vapeur d'eau. Le phénomène s'étendait à toute l'Inde méridionale jusqu'à Vizagapatam, il n'était pas visible à Bombay, mais fut observé, à l'ouest, jusqu'à Aden.

Plus tard, M. Michie Smith a fait des communications plus détaillées sur la couleur verte du soleil à Madras et en d'autres lieux de l'Inde anglaise. (Le rapport fut lu à la Société royale d'Edimbourg, le 7 Juillet 1884, et reproduit dans Nature N°. 771, Aug. 7, p. 347). A Ceylan et dans la partie méridionale de la Résidence Madras, jusqu'à Ongole au nord, le soleil vert paraît ne pas avoir été vu avant le 9 Septembre au soir, et, dans la partie orientale de cette Présidence, pas avant le 10 Septembre au matin. La date du 8 Septembre est donc fautive. En un grand nombre de lieux de l'Inde anglaise la couleur verte reparut le 22 Septembre.

Le phénomène du soleil vert et de la lune verte doit être séparé, d'après M. le professeur Michie Smith, de celui des beaux couchers de soleil rouges; d'abord, parce que lors de ces derniers l'horizon était très clair et transparent, tandis qu'au coucher du soleil vert l'horizon était si brumeux que les étoiles y devenaient invisibles; ensuite, parce que l'examen spectroscopique a montré que lors du soleil vert il se produisait une très forte absorption à l'extrémité rouge du spectre, absorption qui ne fut nullement observée pendant les couchers de soleil rouges.

Bien que M. Smith attribue l'absorption dans le rouge à la vapeur d'eau, elle peut aussi, d'après lui, être produite et expliquée par des particules de poussière (cendre) suspendues dans l'atmosphère.

A Muttum, au sud de Madras, le soleil vert fut vu le 10 Septembre et plusieurs jours suivants; à Bellary, le soleil présenta une couleur vert d'émeraude, à son lever et à son coucher, depuis le 10 Septembre jusqu'au 14 inclusivement.

A Coonoor, dans les Nilgherries, des teintes vertes furent également observées.

A bord du *Cléomène*, le soleil et la lune furent vus colorés en vert les 9, 10 et 11 Septembre, par 8° à 16° Lat. N. et 83° 30′ à 88° 40′ Long. E. de Gr. De même, une lune verte fut vue dans la nuit du 9 au 10 Septembre, et un soleil vert le 10 Sept. au matin, à bord du steamer *Pelican*, par 10° 4′ Lat. N. et 64° 12′ Long. E. de Gr.

217a. Meteorol. Zeitschrift, Februar, 1884 p. 58.

217b. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 174; et N°. 742, Jan. 17, p. 259. Communications de M. Bishop.

217c. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 174. Communication de M. Bishop.

218. Communication de Hicks Pasha dd. Duem, 24 September. Nature N°. 738. Dec. 20, p. 181.

219. Communication de M. F. C. Constable dd. Karachi 16 Oct. Nature N°. 733, Nov. 15, p. 55.

220. Communication de MM. J. Edmund Clark de York et J. Ll. Bozward de Worcester. Nature N°. 736, Dec. 6, p. 131.

220a. Communication de M. Karlinski, dans la „Zeitsch. der Oesterr. Gesellsch. für Meteorol. Band XIX 1884, p. 124." (Ne pas confondre avec la Meteorologische Zeitschrift, citée plus haut).

221. Java Bode N°. 252 du 25 Octobre, d'après le Comercio, feuille publiée à Manille, du 4 Octobre.

221a. Java Bode du 12 Novembre, d'après le Hongkong China Mail.

222. Javasche Courant du 14 Septembre.

222a. Nature N°. 737, Dec. 13, p. 153.

223 Java Bode du 17 Octobre, d'après le Japan Gazette, publiée à Yokohama.

224. Communication de M. Hamilton de Yokohama. Nature N°. 737, Dec. 13, p. 153.

225. Communication de M. le prof. James Main Dixon à Tokio. Nature N°. 739, Dec. 27, p. 196.

226. Lettre de M. Edward Whymper à M. Norman Lockyer du 21 Dec. 1883. Nature N°. 739, Dec. 27, p. 199.

226a. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 177.

226b. Nature N°. 742, Jan. 17, p. 260. Information extraite du grand ouvrage sur la Chine de v. Richthofen, Tome I, p. 97.

227. Nature n°. 732, Nov. 8 p. 32, ff. Communication de M. Meldrum.

228. Quant aux dates où les lueurs anormales furent observées pour la première fois, on trouve dans „Ciel et Terre" 15 Février 1884, p. 553, la liste suivante, tirée de la revue „Science" vol. III, N°. 49:

1883 Août	28	Ile Rodriguez.
»	28	» Maurice.
»	28	Seychelles.
»	30	Brésil.
Septembre	1	Côte-d'Or.
»	1	Nouvelle-Irlande.
»	2	Vénézuéla.
»	2	Antilles.
»	2	Pérou.
»	5	Iles Hawaï.
»	8 ? (10)	Sud de l'Inde anglaise.
»	8 ? (9)	Ceylan.
»	15	Sud de l'Australie.
»	15	Tasmanie.
»	20	Cap de Bonne-Espérance.
Octobre	8	Floride.
»	19	Californie.
»	20	Sud des Etats-Unis.
Novembre	9	Angleterre.
»	20	Turquie.
»	21	Etats-Unis.
»	25	Italie.
»	26	France.
»	27	Belgique.
»	28	Allemagne.
»	30	Espagne.
»	30	Suède.

Je regrette vivement de ne pouvoir donner d'observations circonstanciées sur les lueurs crépusculaires aux Indes néerlandaises. A Buitenzorg et à Sérang, le phénomène a été très marqué dans la dernière semaine de Novembre et au commencement de Décembre. A Sérang on a observé en outre, dans la nuit du 8 au 9 Octobre, après que la lune se fut couchée à 11^h 25^m, un ciel très clair (Voir la Note **146**).

229. Zeitschrift der Oesterr. Gesellschaft für Meteorologie, Band XIX, 1884, p. 72—74. W. v. Bezold, Ueber die ausserordentlichen Dämmerungserscheinungen.

230. Comptes Rendus de l'Académie des sciences, Tome XCVIII, N°. 3 (21 Janv. 1884) p. 164. A. Angot, sur les crépuscules colorés. M. Angot rappelle que des lueurs analogues ont déjà été observées en 1831, et

qu'alors elles furent expliquées, non par des poussières ou des vapeurs volcaniques, mais de la manière ordinaire, par la vapeur d'eau et par des particules de neige très élevées.

231. Comptes Rendus, N°. 5 (4 Février 84), p. 317. G. Tissandier, sur la cause des lueurs crépusculaires de 1883. En Juillet 1831 eut lieu une éruption sous-marine entre Sciacca, en Sicile, et l'île Pantelleria. L'île nouvellement formée (Graham suivant les Anglais, Julia suivant les Français) fut plus tard démolie par la mer.

232. Comptes Rendus, N°. 5, 1884, p. 318. M. Perrotin, Sur les lueurs crépusculaires des derniers mois. A la Barbade également une éruption et un tremblement de terre eurent lieu le 10 et le 11 Août 1831. Les lueurs crépusculaires de 1831 ne peuvent donc, en aucun cas, être invoquées *contre* la théorie volcanique.

232a. Communication de M. G. Karsten, de Kiel. Science, Vol. III, N°. 55, 1884, p. 231.

233. Zeitschr. der Oesterr. Gesellsch. f. Meteorologie, Band XIX, 1884, p. 78. Le volume du Krakatau, pris pour base de ce calcul, n'a rien à voir dans la question, car ce n'est pas la montagne elle-même qui a été soufflée dans l'atmosphère, mais la matière, à l'état de fusion, qui se trouvait dans le cratère, dans la cheminée du cratère et dans l'espace à lave souterrain.

233a. La teinte rouge de l'aurore et du crépuscule paraît être essentiellement un phénomène de diffraction, en partie aussi un phénomène de réfraction, et provenir des fines particules d'eau et de glace en suspension dans les couches atmosphériques supérieures. Pour que la vapeur se condense en eau, la présence de particules solides dans l'air paraît être nécessaire. On voit donc qu'après l'éruption du Krakatau les circonstances étaient des plus favorables à la production de lueurs rouges exceptionnellement intenses: grandes quantités de vapeur d'eau, lancées dans les couches élevées et les plus élevées de l'air, et particules solides, servant de centres de condensation.

Voir l'intéressant article de M. le professeur Kiessling „Die Diffractionsfarben in künstlichen Nebeln und die Dämmerungs-Erscheinungen", dans: Tageblatt der 57 Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Magdeburg, 1884, p. 293. Le même dans: Der Naturforscher 1884, N°. 43.

234. Nature N°. 736, Dec. 6, p. 135.

235. Nature N°. 736, Dec. 6, p. 130. De la pluie mêlée de poussière doit déjà être tombée à Worcester le 14 Juillet, donc avant la grande éruption du Krakatau.

236. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 178.

237. Nature N°. 741, Jan. 10, p. 252.

238. Nature N°. 740, Jan. 3, p. 225.

239. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 174; et N°. 740, Jan. 3, p. 224.

240. Nature N°. 738, Dec. 20, p. 175; et N°. 744, Jan. 31, p. 308, avec figure des cristaux.

241. Cölnische Zeitung, 4 Januar 1884.
Tägliche Rundschau (Berlin) N°. 5, 1884.

242. Nature N°. 740, Jan. 3, p. 225. Extrait du Japan Weekly Mail, published at Yokohama, October 20, 1883. »The official Gazette (le journal officiel, »publié en japonais) states that, since the 13th (October) a constant haze »has pervaded the atmosphere of Sappora (Yeso, in lat. 43° N. and long. »circa 141° E); and that the sun and moon are of a bloodred colour; »clouds of ashes fall continuously. The phenomenon is ascribed to some »volcanic eruption."

243. Nature N°. 743, Jan. 24, p. 284.

243a. Nature N°. 760, May 22, p. 91.

243b. Le nouveau levé topographique du mont Tengger a montré que la carte de Junghuhn est très inexacte; le cratère est encore plus grand que ne l'indique Junghuhn.

243c. R. D. M. Verbeek. Top. en geol. beschrijving van Sumatra's Westkust. 1883 p. 423—429.

244. Jaarb. Mijnwezen in Ned. O.-Indië 1881, deel I. Verbeek. Top. en geol. beschrijving van Zuid-Sumatra p. 155 et 180.

245. Voir à ce sujet: Verbeek. Top. en geol. beschrijving van Zuid-Sumatra. Jaarb. Mijnwezen 1881 deel I. Verbeek. Top. en geol. beschrijving van een gedeelte van Sumatra's Westkust. Batavia 1883. Verbeek et R. Fennema. Nieuwe geol. ontdekkingen op Java. Verh. der Kon. Akad. v. Wetenschappen, Afd. Natuurk. Deel XXI, 1881.

245a. Verbeek. Over het voorkomen van gesteenten der krijtformatie in de residentie Westerafdeeling van Borneo. Verslagen en Mededeel. der Kon. Akad. v. Wetensch. Afd. Natuurk. Deel XIX. 1883 p. 39—43.

245b. La décomposition du tétrachlorure de silicium, liquide qui bout à 57° Cels., a lieu suivant la formule: $Si\,Cl_4 + 3\,H_2\,O = H_2\,Si\,O_3 + 4\,H\,Cl$; celle du tétrafluorure de silicium, corps gazeux, se fait au contraire d'après la formule: $3\,Si\,Fl_4 + 3\,H_2\,O = H_2\,Si\,O_3 + 2\,H_2\,Si\,Fl_6$. Dans le premier

cas il se dégage donc de l'acide chlorhydrique, gaz qui en effet se rencontre souvent dans les volcans.

Suivant M. O. MASCHKE (Poggend. Annalen, Band 145, p. 549, et Band 146, p. 90), lorsqu'une solution aqueuse de silicate de soude est chauffée, dans un tube scellé à la lampe, au-dessus de 180° Cels., l'acide silicique se sépare à l'état de quartz, tandis qu'au-dessous de 180° il se dépose d'abord sous forme de tridymite, puis sous celle d'hydrate amorphe. (Voir GRAHAM- OTTO's ausf. Lehrb. der Anorg. Chemie, bearbeitet von Dr. A. MICHAELIS, 5te Auflage 1882 2te Abtheilung, p. 959).

246. Meteor. Zeitschr. Febr. 1884, p. 55.

247. Bataviaasch Handelsblad. 28 Novembre.

248. Nature N°. 732, Nov. 8, p. 32 etc. Communication de M. MELDRUM.

248a. Nature N°. 768, Juli 17, 1884, p. 280.

248b. Nature N°. 751, March 20, 1884, p. 488

249. Madras-Mail du 20 Février 1884. Reproduit dans le Indisch Vaderland, N°. 72, 1884, et dans le Java Bode du 22 Mars 1884.

249a. Comptes Rendus 19 Mai 1884 N°. 20, p. 1302. M. BOUQUET DE LA GRYE fait observer, dans sa Note, que le trajet de Krakatau à la Réunion a donc été parcouru en 206 jours (27 Août 1883—22 Mars 1884); on ne peut affirmer, toutefois, que cette ponce ne provient pas en grande partie de l'éruption du mois de Mai 1883. — Voir aussi: L'Astronomie 1884 p. 268. Communication de M. MANTOVANI, de la Réunion.

249b. Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences 11 Août 1884 N°. 6, p. 272..

249c. Nature N°. 778, Sept. 25, p. 513.

249d. Die Krakatau-Aschen des Jahres 1883. Berichte der naturf. Gesellschaft zu Leipzig 1883. Reproduit dans Chemisches Centralblatt 1884. p. 129—135.

---

250. Ces analyses se trouvent dans ma „Topogr. en geol. beschrijving van Sumatra's Westkust", p. 516—519.

251. Ces analyses anciennes de roches du Krakatau sont rapportées dans ma Topogr. en geol. beschrijving van Zuid-Sumatra, Jaarb. v. h. Mijnwezen, 1881, I. p. 215.

252. N°. 1 analysé par M. J. W. RETGERS, ingénieur des mines. La matière avait été séchée à 120° C.

253. N°. 2 analysé par le même; matière séchée à 120°.

254. Nos. 3, 4 et 5 analysés par le Dr. K. H. MERTENS, professeur de chimie à l'école moyenne supérieure de Semarang; la proportion d'acide silicique est calculée pour la matière séchée à 120° C.

255. N°. 6 analysé par M. J. W. Retgers.

256. N°s. 7, 8 et 9 analysés par le Dr Clemens Winkler, professeur de chimie à l'Ecole des mines de Freiberg en Saxe.

257. The voyage of H. M. S. Challenger. Physics and Chemistry. Vol. I, 1884, p. 89—102. The Bromine in Ocean water. Il résulte des analyses, mentionnées dans l'ouvrage cité, que l'eau de mer, sur 100 parties de chlore, contient 0.34 parties de brome. Dans 100 parties de l'ensemble des sels de l'eau de mer il y a 55.42 parties de chlore, donc 0.19 de brome, correspondant à 0.24 de bromure de sodium, ou à 0.21 de bromure de magnésium. Notre cendre contient 1°/₀ de sels d'eau de mer, par conséquent, d'après le même rapport. $\frac{1}{100} \times 0.24 = 0.0024$°/₀ de bromure de sodium. Un poids de 10 grammes de cendre ne contient donc que $\frac{10}{100} \times 0.0024 =$ 0.00024 gramme, ou ¼ de milligramme, de bromure de sodium.

La proportion d'iode est encore beaucoup plus faible; dans 50 litres d'eau de mer on ne trouve ordinairement que 1 milligramme d'iode (*l. c.*, p. 89).

Le Handbuch der Oceanographie und marit. Meteorologie, Wien 1883. Band I, p. 246. donne également pour la proportion du bromure de magnésium, d'après la moyenne de 10 analyses de M. le prof. C. Schmidt, de Dorpat,. le chiffre 0.2°/₀ des sels de l'eau de mer.

Les données plus anciennes de M. Von Bibra (Annal. der Chem. u. Pharm., Band LXXVII p. 90; reproduites dans G. Bischof, Lehrb. der chem. und phys. Geologie, 2e éd., 1863 I p. 428, et dans Justus Roth, Allgem. und chem. Geologie I p. 505 et suiv.), suivant lesquelles la proportion de bromure de sodium s'élèverait en moyenne à 1°/₀ de la totalité des sels de l'eau de mer, sont beaucoup trop élevées.

258. Les analyses N°. 10 à 14 ont été exécutées par M. l'ingénieur des mines Retgers, à Buitenzorg.

259. Dosage du Dr. Cretier, à Batavia.

260. Analyse du Dr. Cretier, à Batavia.

261. Analyse du Dr. Cretier, à Batavia.

262. Cendre recueillie par l'auteur et offerte à M. le professeur A. C. Oudemans, de Delft, qui la donna à analyser à M. van der Kolf.

263. Cendre recueillie par le Dr. van Nooten à Buitenzorg; l'analyse de M. D. de Loos a été publiée dans le Tijdschrift ter bevordering van Nijverheid 4e reeks, Deel VII, 1883, p. 321—322.

264. Note de M. de Loos dans le Tijdschrift ter bevordering van Nijverheid, Deel VIII, 1884, p. 12.

265. Cendre recueillie par M. G. VAN DEN BERG, pharmacien à Batavia, et analysée par le Dr. E. A. VAN DER BURG, à Leyde. Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas, 1883, N°. 7, p. 298—303.

266. A. F. RENARD. Les cendres volcaniques de l'éruption du Krakatau. Bulletin de l'Acad. royale de Belgique 3e série, t. VI N°. 11, séance du 3 Nov. 1883. Se trouve aussi dans Bulletin du Musée royal d'histoire naturelle de Belgique. Tome III, Mars 1884: Les caractères microscopiques des cendres volcaniques etc., par JOHN MURRAY et A. F. RENARD.

267. Dr. A. SAUER. Die Krakatau-Aschen des Jahres 1883. Berichte der Naturf. Gesellsch. zu Leipzig 1883, p. 87. Reproduit dans: Chemisches Central-Blatt 1884 p. 129—135.

268. K. OEBBEKE. Ueber die Krakatau-Asche. Neues Jahrb. für Min. 1884, II, p. 32 et 33. L'examen microscopique fut exécuté par M. OEBBEKE, les analyses chimiques par M. A. SCHWAGER, à Munich.

---

269. L. PALMIERI. Der Ausbruch des Vesuv vom 26 April 1872. Deutsche Ausgabe von C. RAMMELSBERG, Berlin 1872, p. 53—55.

269a. Les expériences de M. M. TYNDALL, STOKES et REYNOLDS, en Angleterre, et de M. HENRY, aux Etats-Unis, ont appris que le son des signaux de brouillard est loin de se propager toujours, comme la lumière d'un phare, également dans tous les sens, et que l'intensité du son ne diminue pas non plus toujours régulièrement à mesure que la distance augmente. Ainsi il arrive, d'après M. HENRY, qu'on entende le son à une certaine distance, par exemple à 5 milles marins de la source sonore (le signal de brouillard), mais non, dans la même direction, à une distance moindre, à 2 milles par exemple. En outre, on entend quelquefois le son dans une certaine direction, et non, à distance égale, dans une autre direction; parfois même le son cesse subitement lorsqu'on se rend d'un point à un point voisin, également éloigné.

Le cas se présente aussi qu'à des jours différents on entende le son, dans une même direction, jusqu'à des distances très différentes, par exemple de 10 et de 2 milles marins; en général, *avec* un vent favorable le son s'entend plus loin que *contre* le vent, bien qu'il y ait des exceptions à cet égard.

Les recherches des autres savants ci-dessus nommés ont donné, quant aux anomalies de la propagation du son, les résultats principaux suivants:

1. Plus l'état de l'atmosphère est calme, plus le son s'entend loin, et plus l'espace dans lequel il est entendu se rapproche d'une sphère, dont la source sonore forme le centre. Cela suppose, toutefois, que l'on néglige la réfraction du son due aux différences de température, réfraction qui tend toujours à modifier la forme de l'espace sonore en question.
2. Abstraction faite de la réfraction, le son sera entendu plus loin dans la direction d'une brise faible que par un vent violent, parce que, dans le premier cas, les ondes sonores rabattues de haut en bas sont renforcées par les ondes réfléchies sur la surface, la perte due au frottement à la surface étant alors plus que compensée.
3. Dans le cas d'un vent violent, même lorsqu'il souffle dans une direction favorable, les ondes vivement et fortement rabattues éprouvent une si grande perte par le frottement et l'absorption, que cette perte n'est *pas* compensée par la réflexion de bas en haut des ondes sonores.
4. Le son s'entend moins loin *contre* un vent plus ou moins fort, parce que les ondes sonores sont alors réfléchies au-dessus de l'oreille de l'observateur.
5. *Contre* une brise *faible* le son s'entend plus loin qu'*avec* un vent favorable mais *fort*, parce que dans ce dernier cas la forte déviation des ondes vers le bas a une action plus nuisible que la légère déviation vers le haut dans le premier cas.
6. Lorsque, *contre* le vent, le son se propage plus loin qu'*avec* un vent de même force, on doit attribuer cette anomalie à un vent supérieur plus rapide, soufflant dans une direction opposée à celle du vent de la surface.
7. Lorsque, contre le vent, le son éprouve une déviation au-dessus de l'observateur, il peut en résulter, au point où la déviation s'opère, un vide acoustique, qui peu à peu se remplit de nouveau par l'extension des ondes sonores voisines, ou par la réflexion que produit un vent supérieur, de direction opposée. De cette manière, il peut exister des espaces où le son ne soit pas entendu, entourés d'autres dans lesquels la perception a lieu.
8. Le son pouvant subir une déviation par le vent, ou par un changement de température, ou par les deux causes réunies, il est possible qu'il ne soit pas entendu à une certaine hauteur, mais bien en des points situés plus haut.
9. Puisque le son, propagé contre le vent, cesse parfois d'être perceptible, même avant d'avoir perdu de son intensité, parce qu'il est dévié au-

dessus de la tête de l'observateur, on s'explique l'observation de M. Reynolds, que le vent a plus d'influence sur la distance jusqu'à laquelle le son est entendu, que sur son intensité.

10. Puisque, dans certaines directions et à certaines hauteurs, le son n'est quelquefois pas entendu, sans être pour cela entièrement éteint, on ne peut conclure, du défaut de perception à certains moments, que l'intensité du son soit alors plus faible.

Il résulte de ces observations que, si dans les circonstances ordinaires le bruit d'un signal de brouillard est entendu jusqu'à une certaine distance, on ne peut compter qu'il en sera de même dans tous les cas. La science, toutefois, n'est pas encore en état de dire où et comment les phénomènes anomaux se produisent. (Annalen der Hydrographie, 1884, p. 143—145).

270. La différence de temps est de 4 minutes pour chaque degré de différence de longitude.

Pour la vitesse du son j'ai admis le chiffre de 332.3 mètres par seconde à 0° Cels. (d'après J. Bosscha, Leerboek der Natuurkunde 5e boek p. 106). La vitesse croît avec la température, suivant la formule: $v_1 = v_0 \sqrt{1 + \alpha t} = 332.3 \sqrt{1 + \frac{t}{273}}$, $\alpha = \frac{1}{273}$ étant le coefficient de dilatation de l'air, et t la température en degrés Celsius. Pour $t = 25°$ Cels. on trouve donc $v = 347.2$ mètres, valeur que j'ai adoptée pour l'Inde. Le son parcourt alors la longueur de 1° du grand cercle en $5\frac{1}{3}$ minutes, ou 100 kilomètres en $4\frac{4}{5}$ minutes, et la circonférence de la terre en 32 heures.

En supposant $t = 29°.857$ (ou presque 30° Cels.), on a: $v = 350$; 1° est alors parcouru en $5\frac{3}{10}$ minutes, 100 kilomètres sont parcourus en $4\frac{3}{4}$ minutes, ce qui ne diffère pas notablement de la valeur que nous avons admise. Le chiffre de 30° Cels., toutefois, est probablement déjà trop fort pour la température moyenne.

Comme exemple je prends Krakatau—Jokjakarta:

Différence de longitude	$= 5\frac{1}{20}°$ Est;	$5\frac{1}{20} \times 4$	$= + 20.2$ minutes.
Distance	$= 5\frac{1}{4}°$;	$5\frac{1}{4} \times 5\frac{1}{3}$	$=$ 28.0 »
		Total	$=$ 48.2 minutes.

$10^h\ 52^m$ temps de Krakatau $+ 48^m = 11^h\ 40^m$ temps de Jokjakarta. La détonation partie de Krakatau à $10^h\ 52^m$ temps local (de Krakatau) fut donc entendue à Jokjakarta à $11^h\ 40^m$ temps local (de Jokj.).

Pour les localités situées à l'ouest de Krakatau, la différence de temps est, bien entendu, négative.

271. Rapport du surveillant de feu M. van Mens. Voir le Chap. III.

272. Voir la relation **82**, et le Chap. III..

273. Voir la relation **78**, et le Chap. III.

274. Java Bode du 27 Août, Bat. Handelsblad du 29 Août, Javasche Courant du 31 Août.

275. Java Bode, du 29 Août.

276. Communication de M. l'ingénieur des mines Schuurman et du Dr. van der Stok. Bat. Handelsblad du 28 Août.

277. Observations de l'auteur.

278. Télégramme du Résident de Krawang au Gouvernement, 30 Août 1883.

279. Bat. Handelsblad du 28 Août. Une relation très invraisemblable, de Bandoeng, a été insérée dans le Java Bode du 28 Août.

280. Télégramme de Bandoeng au Locomotief. 27 Août.

281. Télégramme du Résident de Cheribon au Gouvernement, 28 Août.

281a. Indisch Vaderland N°. 201, 1883.

282 et **283**. Télégramme de Tegal au Locomotief. 27 Août.

284. Rapport officiel du Résident de Pekalongan au Gouvernement du 29 Août

285. Rapport officiel du Résident de Banjoemas au Gouvernement du 28 Août.

286 Javasche Courant du 7 Septembre. Bat. Handelsblad du 1er Septembre.

287. Télégrammes de Poerworedjo au Locomotief. 27 Août.

288. Télégrammes de Magelang à l'Indisch Vaderland N°. 199, 1883, au Locomotief du 27 Août et aux Nieuwe Vorstenlanden N°. 89, 1883.

289. Télégramme de Jokjakarta au Locomotief du 27 Août. Communication du Dr. J. Groneman de Jokjakarta.

290. Télégramme de Soerakarta au Locomotief du 27 Août.

291. Indisch Vaderland N°. 200, 1883.

292. Locomotief du 27 Août.

293. Java Bode du 31 Août.

294. Télégramme de Salatiga au Locomotief du 27 Août.

295. Télégramme de Demak au Locomotief du 27 Août.

296. Communication du Résident de Japara du 15 Avril 1884.

297. Soerabajasch Handelsblad N°. 203, 1883.

298. Télégramme de Toeban au Locomotief du 27 Août.

299. Communication privée de M. l'ingénieur des constructions navales H. C. Pennink, attaché à l'exploitation de la forêt de Bajangan. Cette forêt est située à environ 15 kilomètres au nord de la rivière Solo, sur la rive gauche de la rivière Batakan.

300. Télégramme du Résident de Madioen au Gouvernement, 27 Août. Javasche Courant du 28 Août.

301. Javasche Courant du 11 Septembre.

302. Rapport officiel de l'Assistant-Résident de Magetan, dd. 28 Août, au Résident de Madioen.

303. Télégramme de Toeloeng Agoeng du 27 Août, au Soerab. Handelsblad.

304. Rapport officiel du Résident de Soerabaja au Gouvernement, 24 Sept. Soerab. Courant des 27 et 28 Août. Soerab. Handelsblad du 27 Août.

304ᵃ. Communication de l'Assistant-Résident de Bawean, du 31 Dec. 1884.

305. Javasche Courant du 7 Septembre.

306. Javasche Courant du 14 Septembre.

306ᵃ. Communication du Résident de Probolinggo. Rapport annuel 1883, pour la résidence Probolinggo.

307. Rapport officiel du Résident de Besoeki au Gouvernement, du 29 Août. Rapport officiel du même au Gouvernement, du 18 Oct. Javasche Courant 26 Oct.

308. Soerabaja Courant N°. 207, 1883.

309. Communication orale du Contrôleur de Ketimbang M. Beijerinck.

310. Différentes communications orales de témoins oculaires. Voir Chap. III.

311. Javasche Courant du 2 Oct.

312 Javasche Courant du 2 Oct.

313. Communication orale du surveillant de feu M. Hamwijk.

314. Communication du Contrôleur M. Horst. Alg. Dagblad du 1er Sept.

315. Rapport off. du Résident de Benkoelen au Gouvernement, du 11 Sept.

316. Rapport off. du même au Gouvernement, du 28 Août.

317. Voir la relation N°. **104**.

318. Sumatra Courant, N°. 103, du 28 Août.

319. Sumatra Courant, N°. 103.

320. Communication de M. Hamers de Padang Pandjang. Sumatra Courant, N°. 103, 28 Août.

321. Communication de Mme Praetorius de Sibogha, du 29 Août.

322. Communication du Résident de Tapanoeli, M. C. F. E. Praetorius, du 28 Octobre.

323. Rapport officiel du Gouverneur de Sumatra's Westkust au Directeur de l'Instruction publique, du 26 Décembre.

324. Javasche Courant du 14 Sept.

325. Locomotief N°. 224, 1883. Reproduit d'après le Bat. Handelsblad. Communication du capitaine d'Etat Major G. W. Beeger.

326. Télégramme de Penang au Bat. Handelsblad, du 29 Août.

327. Javasche Courant du 14 Sept. Javasche Courant du 30 Oct.

328. Rapport off. du Contrôleur de Siak au Résident de Sumatra's Oostkust, dd. 31 Août.

329. Rapport off. du Contrôleur de Djambi au Résident de Palembang, du 29 Août.

330. Télégramme du Résident de Palembang au Gouvernement, dd. Lahat 27 Août.

331. Communication du Dr. A. Stammeshaus de Bandar.

332. Rapport off. du Controleur de Ogan-Oeloe, M. G. de Heer, au Résident de Palembang, du 29 Août.

333. Rapport off. de l'Assistant-Résident de Moeara-Doea au Résident de Palembang, du 31 Août.

334. Rapport off. du Résident de Palembang au Gouvernement, du 29 Août.

335. Le Soerab. Courant, N°. 208, 1883, donne 11h, le Soerab. Handelsblad N°. 208, 1883, 11h 3/4 pour les dernières détonations entendues.

336. Javasche Courant du 7 Sept.

337. Javasche Courant du 14 Sept. Rapport off. de l'Assistant-Résident de Lingga au Résident de Riouw, du 30 Août.

338. Rapport du mois d'Août 1883 du Maître de port de Muntok. D'après le Soerab. Handelsblad, N°. 205, 1883, les détonations les plus fortes, entendues à Muntok, eurent lieu le 26 à 4h, 5h 1/2 et 9h 1/2 du soir; le 27 à 1h 1/2 3h 1/2 et 10h 1/2 du matin. Rapport off. du Résident de Banka au Gouvernement du 30 Août; d'après cette dernière pièce, les détonations durèrent jusqu'au 27 à midi, et on en perçut encore de faibles vers la fin de la soirée.

338a. Rapport off. de l'administrateur de Toboali au Résident de Banka, du 30 Août.

339. Annexes des administrateurs des districts à la missive off. du Résident de Banka au Directeur de l'Instruction publique, du 8 Décembre.

340. Javasche Courant du 21 Sept.

341. Javasche Courant du 7 Sept.

342. Rapport de l'administrateur en chef à Billiton au représentant de la Compagnie de Billiton à Batavia du 31 Août.

342a. Rapport du mois d'Août de l'architecte-adjoint M. J. A. C. Hamilton.

343. Javasche Courant du 11 Sept.

344. Rapport off. de l'ingénieur des mines M. C. J. van Schelle, de Singkawang.

344a. Meteorologische Zeitschrift, Februar 1884, p. 54.

345. Rapports off. des ingénieurs des mines M. M. J. A. Hooze et W. G. Ribbius de Pengaron.

346. Javasche Courant du 11 Sept.; Javasche Courant du 14 Sept.; Javasche Courant du 9 Oct. Java Bode du 10 Sept., reproduit d'après le Soerab. Handelsblad.

347. Javasche Courant du 19 Oct. Javasche Courant du 16 Nov.

348. Javasche Courant du 18 Sept. Javasche Courant du 2 Oct. Rapport off. du Gouverneur de Célèbes au Gouvernement du 18 Déc. Celebes Courant N°. 69 du 28 Août. Java Bode du 3 Oct. (Ce dernier journal donne par erreur la date du 29 Août, au lieu de celle du 26 Août).

349. Javasche Courant du 2 Octobre.

350. Javasche Courant du 26 Octobre. Cette relation est en partie inexacte, comme il ressort de la missive officielle du Résident de Menado au Gouvernement, en date du 20 Novembre. Le Goenoeng Api, dans l'île Grand-Sangi, entra en activité dans la nuit du 25 au 26 Août; de »grandes colonnes de feu" (probablement de la vapeur, ou de la vapeur et des cendres) s'élevèrent, et en même temps un bruit sourd se fit entendre. Ce qui a été dit de la projection d'eau bouillante était inexact; aucun tremblement de terre ne fut ressenti; des grondements et des détonations furent entendus depuis la nuit du 25/26 Août jusqu'au 28 Août. Une partie de ces bruits, surtout ceux notés avant le 26 Août au soir et après le 27 Août au soir, provenaient indubitablement du Goenoeng Api, et non du Krakatau.

531. Javasche Courant du 5 Octobre; Javasche Courant du 19 Octobre; rapport officiel du Résident d'Amboine au Directeur de l'Instruction publique, en date du 2 Avril 1884. De ce dernier rapport il résulte que le Goenoeng Api, près de Banda, n'a *pas* été en activité.

352. Javasche Courant du 26 Octobre. Doreh se trouve à l'extrémité nord-ouest de la Geelvinkbaai, Nouvelle-Guinée. Les missionnaires qui y sont établis entendirent distinctement les détonations. Doreh est un des points les plus éloignés de Krakatau (30° = 1800 milles marins) où le bruit ait été perçu.

353. Locomotief, N°. 244, 1883.

354. Java Bode du 12 Novembre, d'après le Hongkong China Mail.

355. Communication du Commander the Hon. Foley C. P. Vereker, of H. M. S. *Magpie* dans Nature N°. 737, December 13, p. 153. »The noise of the detonations caused by Mount Krakatoa, resembling distant heavy canonading, was distinctly heard by us and the inhabitants of this coast as far as Bangney-Island on August 27.

356. The Sarawak Gazette, N°. 212, Saturday 1 September 1883.

»A considerable amount of excitement was caused in Kuching on the morning of the 27th (Aug.) by what appeared to be the sound of heavy guns firing to the southward. The native population were seriously alarmed and two distinct earthquake (?) shocks were felt. This made it evident that some volcanic disturbances were occurring, but until the arrival of the steamer *Ranee* all was mere conjecture. We then learned of the

great eruption at Krakatoa in (?) Sumatra and that similar sounds had been heard in Singapore".

357. Straits Times, N°. 3225, Singapore Aug. 30.

358. Locomotief du 9 Octobre.

359. Straits Times, Singapore, August 27. »With reference to the above (télégrammes de Batavia) it is to be noted that mysterious and unaccountable detonations have been heard here continuously during all last night and all this forenoon, etc."

360. Java Bode du 5 Sept., d'après le Penang Times.

360a. Commun. particulière de M. J. ERRINGTON DE LA CROIX. Voir aussi Comptes Rendus, 19 Novembre 1883, N°. 21, p. 1103. »Pendant toute la nuit de la catastrophe M. DE LA CROIX qui réside à Pérak, à environ 1200 kilomètres de Krakatoa, a entendu des détonations qu'il prenait pour des salves tirées en l'honneur du Gouverneur des Straits Settlements, Son Excellence Sir FRÉDÉRIC WELD, devant arriver le lendemain matin à l'établissement français pour être le parrain d'une première machine à vapeur, et l'on prétend que l'explosion du volcan aurait été entendue jusqu'à Pointe de Galles".

361. Voir la commun. N°. **205**. Nature N°. 732, Nov. 8. Le navire se trouvait par 1° 39′ à 2° 59′ Lat. S. et 89° 56′ à 89° 50′ Long. E. de Paris· »On August 26 to 27 constant peals of thunder were heard in the direction of Sumatra, but without any appearance of lightning in that direction".

361a. Meteorologische Zeitschrift, Februar 1884, p. 54.

362. Communications du Major A. W. BAIRD. Nature N°. 730, Oct. 25. »I have reports from Port Blair of tremendous noises as if a ship was firing guns as signals of distress, and they sent out a steamer to look about. Similar reports come from the Nicobars and I see by the papers the noises were heard at Tavoy and Mergui in Burmah.

Nature N°. 746, Febr. 14, 1884. Commun. du même sur les bruits entendus à Port Blair et sur l'expédition d'un vapeur.

362a. Major BAIRD's Report on the volcanic eruptions at Java in August 1883. (Extracted from the general report on the operations of the survey of India for 1882—83, Dehra Dun 1884, page 3 T and 4 T.)

363. Weekly Ceylon Observer, N°. 37, Colombo, Sept. 19, 1883, d'après le Ceylon Observer du 17 Septembre.

364. Weekly Ceylon Observer, N°. 38, Colombo, Sept. 29, d'après le Ceylon Observer du 20 Septembre.

365. Weekly Ceylon Observer, N°. 38, Sept. 29, d'après le Ceylon Observer du 21 Septembre.

365ᵃ. Nature N°. 768, Juli 17, 1884, p. 279. Dans la séance de la Meteorological Society de Maurice du 22 Mai 1884, il a été donné lecture d'une lettre de M. Lecomte, dd. Diëgo Garcia 24 Avril 1884. M. Lecomte y dit:

»Le lundi 27 Aôut (1883) entre 10 et 11 heures du matin, pendant le déjeûner, nous avons entendu des détonations sourdes, mais violéntes. Nous avons cru tellement à l'appel d'un navire en détresse que nous avons couru et que j'ai envoyé plusieurs hommes vers le rivage extérieur de l'île sur plusieurs points différents en observation. Le capitaine Florentin de *l'Eva Joshua* et son second, M. Daniel Sauvage, venaient de quitter Pointe de l'Est pour aller mouiller à Pointe Marianne, lorsqu'ils ont entendu les mêmes détonations. Ils ont aussitôt envoyé des hommes en observation à l'extrémité des mâts. Mais, comme les miens, ils n'ont rien vu.

Ce jour-là et les jours suivants le soleil était comme obscurci, probablement par la formidable quantité de vapeurs et de cendres qui ont dû s'élever dans l'atmosphère."

365ᵇ. Nature N°. 768, Juli 17, p. 279. Courte Note, mentionnant, sans détails, que les détonations ont été entendues à Rodriguez.

366. Commun. particulière de M. Ross, à l'île Keeling.

367. Meteorological Office. *Cossack,* September 3, 1883. (Lat. 20° 40′ South; Long. 117° 8′ East).

»From accounts received from the Ashburton, Fortescue and Nicol Bay to the Westward, and from the Hamersley, Sherlock-River and Yule River to the East, there were reports on the 27th like heavy guns some 7 or 8 times. Earlier on the day to the Westward and later in the day to the Eastward, altogether a remarkable fact. (w. s.) R. B. Martin. Observer.

Extract from the Western Australian, Tuesday September 18, 1883.

»Reports similar to the discharge of artillery were heard along the coast from the Ashburton to the Sherlock, and inland as far as the Hamersley Range. At the Fortescue Mr. J. Stewart thought it was a ship in distress and rode off to the landing.

367ᵃ. From the Observer at Geraldton.

The meteorological reporter, having been instructed by the Honrble Surveyor General, to report on the unusual rising of the sea that took place here in August last I have to state that about 1 o'clock a. m. on Monday the 27th August 1883 a rumbling noise was heard in the North East, followed by two or three distinct reports like that of a cannon. (w. s.) H. Jarmer, Observer.

Extract from Victoria-Express, Wednesday August 29, 1883.

Geraldton (Lat. 28° 46′ 40″ S.; Long. 114° 36′ 14″ E)..



»Coupled with the above unusual occurrence (les ondes marines, V.) there were strange distant rumbling sounds heard in Geraldton, Tibradden, Mines Road and elsewhere."

Extract from the Western Australian, Friday Aug. 31, 1883.

»We received the following telegram from Geraldton yesterday. Strange rumbling sounds were heard here and at Tibradden and elsewhere on Monday morning early the 27th inst."

367b. Commun. du Staff-Commander COGHLAN R. N. Nature N°. 737, Dec. 13, de Perth, 14 Sept. »This coast has been visited by waves and volcanic disturbances (sounds as of the firing of guns inland etc.) apparently associated with the Sunda Strait outbreak."

Java Bode du 8 Oct., Perth 31 (?) Aug. »Des bruits retentissants, qui se succédaient avec rapidité et ressemblaient à de fortes décharges d'artillerie, furent entendus hier (?) sur différents points de la côte."

Tägliche Rundschau, N°. 256. Aus Perth in West-Australiën wird unter dem 27 Aug. geschrieben: »Ferner dumpfer Donner, wie Kanonensalven, wurde heute in mehreren Orten an der Küste gehört".

Extract from the Western Australian of Tuesday September 4, 1883.

»Our Victorian Plains correspondent writing on August 31 says: Last »Monday people were startled by hearing a series of loud reports, resem- »bling that of artillery at a distance, in a North Westerly direction. The »first sounds were heard by a few persons at 11 p. m. on Sunday, conti- »nuing at irregular intervals till about 4 p. m. on Monday, sometimes »as many as three reports occurred in a minute, but generally there where »a few minutes interval. As there were thunder clouds low on the North »Western horizon all the time it is considered probable that the reports »were of electric origin".

Après avoir parlé de l'éruption volcanique dans le détroit de la Sonde, dont la nouvelle venait d'être apportée par télégramme de Singapore, le journal continue ainsi: »This information seems to furnish an explanation of the tidal wave and other recent phenomena on our coast. Not only on the coast were strange sounds heard during the early part of last week, described as resembling the firing of cannon. From the Williams also we learn that similar phenomena have occurred inland. A correspondent writing from that district, states that on Sunday afternoon, and until 8 o'clock p. m. (? a. m. VERB.) on Monday morning successive sounds were heard apparently underground, such as would be produced by the firing of large guns at a great distance. The sounds were heard more distinctly 6 or 7 miles to the westward of the bridge than at the township itself. A person

travelling from Murradong to the Bannister states that he heard the same noises and that they apparently came from the neighbourhood of the Williams.

In Perth also a noise apparently of gun firing was heard by a few persons and similar sounds are reported to have startled the inhabitants of Victoria Plains."

Les informations de l'Australie occidentale, réunies par les soins de M. Ellery, astronome du Gouvernment à Melbourne, m'ont été envoyées par le Consul-général des Pays-Bas à Melbourne, Jhr. D. Ploos van Amstel.

367c Java Bode du 8 Octobre. Communication du chef de la station télégraphique de Daly Waters. Reproduite d'après les journaux australiens.

367d. On Monday morning August 27th Mr. Skinner reports that two distinct explosions were heard at the Alice Springs Telegraph Station. Long. 133° 37′ E., Lat. 23° 38′ S., about $10^h\ 10^m$ a. m., similar to the discharge of a rifle. The same sounds were also heard at the sheep camp nine miles west of the station, and by the men at Undoolga, a cattle station 25 miles east of Alice Springs.

Mr. Kemp at Daly Waters Telegraph Station, reports »On Sunday the 26th, about midnight, we were awakened by an explosion resembling the blasting of a rock which lasted for a few minutes. Next morning, Monday the 27th, between 9.30 and 10.0 o'clock, a similar noise with slight vibration was heard and felt, continuing for 15 minutes. Men camped 5 miles south of Daly Waters also heard it. The natives were much alarmed and said that was how the waterhole at Trew's pond was formed. The noise was also heard at the Elsey-Creek and other places on the overland Telegraph".

(Commun. de M. C. Todd, Astronome du Gouvernement à Adélaïde).

368. L'aire du segment (fig. 38) est:

$$2\ \pi\ r \times \text{flèche} = 2\ \pi\ r^2\ (1 - \cos 30°) = 2\ \pi\ r^2 \times 0.134$$

$$\text{Surface de la terre} = 4\ \pi\ r^2.$$

$$\frac{\text{Aire. segm.}}{\text{Surf. Terre}} = \frac{2\ \pi\ r^2 \times 0.134}{4\ \pi\ r^2} = \frac{0.134}{2} = \frac{1}{14.925};$$ l'aire du segment est donc environ $^1/_{15}$ de la surface de la Terre.

369. Pour le Tambora, M. Zollinger dit (Verhandelingen van het Bat. Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, Deel XXIII, 4e Stuk, p. 150) que le bruit de l'éruption fut entendue dans une ellipse ayant un grand axe de 450 milles géographiques = 30°, dirigé E. S. E. — O. N. O., et un petit axe de 390 milles géographiques, perpendiculaire au premier.

Nous supposons toutefois de nouveau un segment sphérique, de 15° de rayon, et trouvons alors:

$$\frac{\text{Aire. segm.}}{\text{Surf.}} = \frac{2\ \pi\ r^2\ (1-\cos\ 15°)}{4\ \pi\ r^2} = \frac{0.0341}{2} = \frac{1}{58.65},$$

c'est-à-dire une aire 3.93 fois plus petite que celle de l'éruption du Krakatau.

Outre le Mémoire ci-dessus cité de M. Zollinger, on peut consulter, au sujet de l'éruption du Tambora en 1815, „Narrative of the effects of the eruption from the Tomboro-Mountain in the Island of Sumbawa on the 11th and 12th of April 1815, communicated by the President (J. T. Ross)". Daté: Batavia, 28 Sept. 1815. Verh. van het Bat. Gen., Deel VIII, 1e druk 1816; 2e druk 1826, p. 341—360. Voir aussi la lettre publiée par le Javasche Courant, 20 et 27 Mai 1815, dont un extrait a été donné dans la Note **197ᵃ**.

370. H. Helmholtz. Die Lehre von den Tonempfindungen.

371. Java Bode du 1er Sept.; Bat. Handelsbl. du 1er Sept.

372. Communication de l'ingenieur des mines M. v. Schelle, du 19 Avril 1884. Voir aussi le rapport cité dans la Note **344**.

373. Voir la relation en français (Note **140**) de M. van Sandick, p. 10 „Nous avions tous de violents bourdonnements dans les oreilles. Quelques-uns étaient près de suffoquer. Toutes les poitrines étaient lourdement oppressées. On haletait, une somnolence stupéfiante envahissait beaucoup d'entre nous".

374. La figure et la description du régulateur (en angl. *governor*) employé à Batavia se trouvent dans: King's Treatise on the Science and Practice of the manufacture and distribution of Coal Gas, Vol II, London 1879. p. 309, fig. 173.

375. La figure et la description de l'indicateur ou *mouchard* (en angl. *pressure-register*) employé à Batavia se trouvent dans l'ouvrage ci-dessus cité: King's Treatise, Vol. II, p. 325, fig. 189.

376. Les deux premières déterminations d'heures diffèrent de 2 et 3 minutes de celles que j'ai données dans mon „Kort Verslag over de uitbarsting van Krakatau (Javasche Courant du 7 Mars 1884). La différence est due à ce que les maxima n'avaient pas été mesurés primitivement avec une exactitude suffisante.

377. Proceedings of the Royal Society, 1883. En extrait dans le Oesterr. Zeitschrift für Meteorologie, 1884, p. 97—99, avec figures des barogrammes.

378. Il est très regrettable que dans les ouvrages scientifiques publiés en Angleterre on continue à se servir de degrés Fahrenheit, de *miles*, de *yards* et de *inches*.

Les observations que Sir William Thomson, dans sa conférence (Royal Institution, Vendredi, 2 Février 1883) sur „the size of atoms", a présentées au sujet du „unhappy British inch", ne paraissent pas avoir eu beaucoup d'effet. C'est surtout l'emploi des *miles* (*statute miles* de 1609 mètres) qui donne lieu à confusion avec les milles marins de 60 au degré. La confusion devient encore plus grande lorsque, comme il arrive parfois (voir entre autres, Nature, N°. 733, Nov. 15, p. 56), les milles marins sont désignés sous le nom de *geographical miles*, bien que, pour tout le monde, le mille géographique soit = 4 milles marins. (Voir aussi la Note **387**).

379. Un extrait de l'intéressant Mémoire du général Strachey se trouve dans: Nature N°. 738, Dec. 20, p. 181 etc.

379a. M. le professeur C. H. D. Buys Ballot a eu l'obligeance de m'envoyer les barogrammes d'Utrecht.

380. Comptes Rendus, Tome XCVIII. N°. 3, 4 et 6, 21 et 27 Janvier et 11 Février 1884.

381. Deutscher Reichsanzeiger, 7 Jan. 1884. Communication de M. le prof. Foerster de Berlin; voir aussi Meteorol. Zeitschr. 1884, p. 103.

382. Oesterr. Zeitschr. für Meteorologie 1884 p. 102; une indication de 2 erreurs de chiffres se trouve à la p. 192 du même journal.

382a. Astronomische, magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1883, 44ter Jahrgang Seite V. Avec figures des barogrammes du 26—31 Août 1883.

382b. Bulletin de l'Acad. des sciences de St. Petersbourg T. XXIX N°. 2 (avec figures des barogrammes de Pavlovsk).

382c. Nature N°. 770, Juli 31, p. 324.

382d. Atti della R. Accademia dei Lincei, 15 Juin 1884.

383. Nature N°. 738, Dec. 20.

383a. Circulaire avec figures des barogrammes de Washington, de M. H. M. Paul, dd° 23 Févr. 1884.

383b. Science, Vol. III, 1884, p. 531. Avec une figure, à très petite échelle, de la courbe barométrique de Providence.

383c. Une copie réduite de la courbe barométrique de la Géorgie-du-Sud se trouve dans les Annalen der Hydrographie etc. Heft IV, 1884.

383d. Nature N°. 730, Oct. 25, p. 626.

383e. Nature N°. 768, Juli 17, p. 279.

384. Ces barogrammes, que M M. Robt. J. Ellery, Government Astronomer à Melbourne, et H. C. Russell, Government Astronomer à Sydney, voulurent bien me céder, me sont parvenus par l'entremise de Jhr. D. Ploos van Amstel, Consul général des Pay-Bas à Melbourne.

385. Nautical Almanac for 1884, p. 489.

386. Si l et l_1 représentent les longitudes, A et B les *compléments* des latitudes des deux lieux, on connaît dans le triangle sphérique les deux côtés A et B et l'angle compris $l - l_1 = c$; le troisième côté C, qui est la distance cherchée des deux lieux, se trouve alors par les formules:

$$\text{tang } M = \cos c \text{ tang } B; \; N = A - M; \; \cos C = \frac{\cos B \cos N}{\cos M};$$

on a aussi : $\cos C = \cos A \cos B + \text{Sin } A \sin B \cos c$, mais cette formule ne se prête pas au calcul par logarithmes.

387. Le mille géographique est pris égal à 7420.4 mètres, et par conséquent le mille de 60 au degré égal à $\frac{7420.4}{4} = 1855.1$ mètres. Cette valeur n'est toutefois entièrement exacte que lorsque le plan du grand cercle coïncide avec l'équateur. Quand ce plan passe par les pôles, il coupe la surface terrestre suivant un méridien, et la longueur moyenne de 1 minute, ou la $\frac{1}{360 \times 60}$ ième partie de la circonférence, est alors de 1852.01 mètres. Pour des positions intermédiaires du plan, la valeur de la minute est comprise entre 1855.11 et 1852.01 mètres, et elle dépend de l'angle que le plan fait avec l'équateur, angle qui doit donc être calculé pour chaque cercle donné. Cet angle connu, la longueur moyenne de l'arc de 1 minute se trouve de la manière suivante.

Soit a le rayon de l'équateur, et b le demi-axe terrestre (distance du centre au pôle); on a:

$a = 6377398^m.075$; $b = 6356079^m.880$ (suivant Bessel)

et $\log a = 6.8046436$; et $\log b = 6.8031894$.

On a en outre: excentricité $e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} = 0.08169796$

et $\log e = 8.9122112 - 10$.

Désignons par α l'angle que le plan donné fait avec l'équateur; ce plan coupe la surface terrestre suivant une ellipse dont a est le grand axe, et dont le petit axe z a pour valeur:

$$z = \frac{a\,b}{\sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}} = \frac{b}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \alpha}} \; \ldots\ldots \; (1);$$

l'excentricité ϵ de cette ellipse est:

$$\epsilon = \sqrt{1 - \left(\frac{z}{a}\right)^2} \; \ldots\ldots\ldots\ldots \; (2);$$

et la circonférence O de cette ellipse:

$O = 2\pi a \left(1 - \frac{\epsilon^2}{4} - \frac{3}{64}\epsilon^4 - \text{etc.}\right)$, série dont nous pouvons négliger le 3e terme et les termes suivants, parce que ϵ est petit.

Pour la longueur moyenne de 1 minute, ou la $\frac{1}{360 \times 60}$ ième partie de la circonférence, nous trouvons donc:

$$\text{Long. } 1' = \frac{2\pi a}{360 \times 60}\left(1 - \frac{\epsilon^2}{4}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

A l'aide des formules (1), (2) et (3), j'ai calculé les valeurs, inscrites dans le tableau suivant, de z, ϵ et 1', pour des valeurs de α de 10 en 10 degrés.

α	z et log z.	ϵ et log ϵ.	Longueur de $\frac{O}{360 \times 60} = 1'$.
0°	z = a = 6377398m.075 log z = 6.8046436	0 —	1855m.11
10°	6376753.0 6.8045996	0.0142313 8.1532447—10	1855m.02
20°	6374894.44 6.8044730	0.0280232 8.4475178—10	1854m.75
30°	6372050.0 6.8042792	0,0409488 8.6122407—10	1854m.33
40°	6368564.44 6.8040416	0.0525868 8.7208712—10	1853m.83
50°	6364867.44 6.8037890	0.0626738 8.7970858—10	1853m.29
60°.	6361390.0 6.8035520	0.0708131 8.8501138—10	1852m.78
70°	6358563.0 6.8033590	0.0768004 8.8853635—10	1852m.37
80°	6356720.0 6.8032331	0.0804649 8.9056065—10	1852m.11
90°	z = b = 6356079m.880 log z = 6.8031894	ϵ = e = 0.081698 log ϵ = 8.9122112	1852m.01

Un calcul simple nous donne pour le grand cercle (proprement l'ellipse) qui passe par Krakatau et Sydney: $\alpha = 39° 59' 50''$, ou environ 40° (¹). Le tableau montre que pour cette valeur de α la longueur moyenne de 1' est = 1853^m.83. La vitesse de 608.45 milles par heure est par conséquent égale à $608.45 \times \frac{1853.83}{3600} = 313.32$ mètres par seconde, valeur qui ne diffère que de 0^m.22 de celle que nous avons admise, savoir 313.54 mètres. L'influence que cette différence peut avoir sur le résultat est donc probablement inférieure à celle des petites erreurs inévitables de l'observation, et inférieure aussi à celle de l'hypothèse que la propagation, même au voisinage immédiat de Krakatau, dans les premiers instants après l'éruption, eut lieu avec une vitesse uniforme.

La différence devient maximum pour $\alpha = 90°$; elle est alors, avec une vitesse de 600 milles par heure, égale à 0^m.5 par seconde, donc toujours assez faible. On peut toutefois, en cas de petites valeurs de α (0° à 45°), porter en compte pour la longueur moyenne de la minute le chiffre 1855^m.1, et en cas de grandes valeurs de α (45° à 90°) le chiffre 1852^m.0.

387ᵃ. REGNAULT. Mém. de l'Acad. de France, Tome XXXVII. Voir aussi WÜLLNER: Lehrbuch der Experimentalphysik, 3te Auflage, 1874, Band I, p. 680 etc.

387ᵇ. JOH. MÜLLER. Lehrbuch der kosmischen Physik, 4te Auflage, 1875, p. 513 etc.

387ᶜ. Voir le récit de cette remarquable ascension dans: Report of the thirty-second meeting of the British association for the advancement of science, held at Cambridge in October 1862. London 1863, p. 383—386.

387ᵈ. BRAVAIS et MARTINS (Annales de Chimie et de physique, 3e série, T. XIII; Pogg. Ann., Band LXVI, p. 351) ont fait des expériences sur la vitesse du son entre le Faulhorn et le lac de Brienz; la différence d'altitude des deux stations était de 2079 mètres. La vitesse fut trouvée à peu près la même dans les deux directions.

M. KUNDT (Pogg. Ann. Band 135 p. 548—552) fit varier la pression de $\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{2}$ atmosphères, et REGNAULT (voir N°. **387ᵃ**) de 247 à 1267 millimètres, sans pouvoir constater une différence dans la vitesse du son.

---

388. LYELL. Principles of Geology Vol. II, 10th edition.1868 p. 58—74.

389. F. FOUQUÉ. Santorin et ses éruptions. Paris, 1879.

(¹) La détermination de cet angle est exactement la même chose que le calcul du *vertex* dans la navigation orthodromique, c'est-à-dire, le calcul de la longitude et de la latitude du point où un grand cercle donné atteint la latitude la plus élevée, problème traité dans tout Cours de navigation; la latitude du vertex est égale à notre angle α.

390. Science, Vol. III, 1884, p. 89--93. WM. H. DALL, A new volcano island in Alaska.

391. Rapport sur le levé des changements survenus dons le détroit de la Sonde à la suite de l'éruption du Krakatau en 1883; adressé, en date du 22 Oct., au Commandant des forces navales aux Indes néerlandaises, par le lieut. de marine de 1ère classe M. C. VAN DOORN.

392. H. VOGELSANG. Die Vulkane der Eifel, Haarlem, 1864.

393. Neues Jahrb. f. Min. etc., 1871 p. 469 etc.

394. La fig. 2 et la fig. 39a et b montrent qu'on a: rayon $r = 2080^m$, hauteur $h = 832^m$, $A\ C = 3840^m$, $K\ D = 770^m$, angle $A\ K\ C = 136^1/_2{}^\circ$, et G = aire triangle $A\ K\ C = {}^1/_2 \times 3840 \times 770$ mètres carrés. Le volume de la partie disparue B D K (fig. 39b) est donc = vol. K A B C K — vol. prisme

$$KACK = \frac{\pi\ r^2\ h}{3} \times \frac{136^1/_2}{360} - {}^1/_2\ Gh = 1.019 \text{ kilomètres cubes.}$$

395. Déterminée au planimètre.

395a. On pourra prendre une idée des côtes fracturées et abruptes de Lang-eiland et du bord oriental de Krakatau par quelques reconnaissances (esquisses) faites, le 20 Avril 1884, à bord du navire de guerre allemand *Prinz Adalbert*, commandant le capitaine de vaisseau Mensing I, et publiées dans les Annalen der Hydrographie, 12ter Jahrgang, 1884, Heft VIII.

---

396. Nous avions pris ici, pour la vitesse du son à 25° Cels., 347.2 mètres par seconde. Plus tard, il a été reconnu que la vitesse n'était que de 314.2 mètres. Cela ne fait toutefois, sur la distance Krakatau—Batavia (150 kilomètres), qu'une différence de 45 secondes, ou $^3/_4$ de minute.

397. LAGRANGE. Mécanique analytique, 2e partie, section XI, article 36.

AIRY. Tides and waves. Encyclopaedia metropolitana, p. 291, Tabl. II. Le tableau est reproduit dans J. HERSCHEL, Physical Geography, p. 71.

J. SCOTT RUSSELL. Annales des ponts et chaussées, 1837 2e Semestre, p. 163. Report on waves. Report of the British Association etc. 1845.

HOLTZMANN. Die Wellenbewegung tropfbarer Flüssigkeiten. In Einladungsschrift der k. polyt. Schule in Stuttgart 1858.

M. DE SAINT VENANT a donné une démonstration simple de la formule de LAGRANGE, $v = \sqrt{g\ h}$, dans les Comptes Rendus du 18 Juillet 1870, p. 186—189.

397a. Ce n'est là, naturellement, qu'une approximation, car la montée de l'eau contre une paroi verticale dépend de diverses circonstances, dont on ne saurait tenir compte ici. Voir L. FRANZIUS. Der Wasserbau, 1879, Cap. XIV, p. 698.

397b. La démonstration de cette formule se trouve, entre autres, dans le Mémoire ci-dessus cité de M. DE SAINT VENANT, Comptes Rendus, 18 Juillet 1870, p. 192.

398. D'après les résultats de l'expérience, la longueur du pendule à secondes, à une faible latitude, est très rapprochée de 0m.991. Les formules de GAUSS, JAMIN et autres donnent aussi des valeurs qui s'écartent très peu de ce chiffre. Je l'ai donc adopté pour l'Inde; il en résulte, pour l'accélération due à la pesanteur: $g = \pi^2 \, l = 9.781$ mètres.

Le Handbuch der Oceanographie und maritimen Meteorologie, Wien 1883, p. 273 et 393, donne, d'après LISTING:

$g = 9.780728 + 0.050875 \sin^2 \varphi$, où φ désigne la latitude géographique. Pour $\varphi = 0$ on a donc, à très peu près, $g = 9.781$, comme nous l'avons admis.

398a. Almanach für die k. k. Kriegsmarine 1883, Internationale Scala für Höhe des Seeganges. Voir aussi: Handbuch der Oceanographie etc. Wien 1883, p. 401.

L. FRANZIUS. Der Wasserbau, Cap. XIV, p. 697, évalue à 12 mètres la plus grande hauteur des vagues. Les données diffèrent beaucoup entre elles, la hauteur des lames, en pleine mer et pendant la tempête, étant naturellement difficile à mesurer d'une manière exacte.

399. Communication de M. l'ingénieur VAN BOSSE, Chef des travaux du port de Tandjong Priok.

400. La formule $v = \sqrt{g\,h}$ ou $v^2 = g\,h$, est un cas particulier de la formule plus générale, donnée par M. AIRY:

$$v^2 = \frac{g\,\lambda}{2\,\pi} \cdot \frac{e^{\frac{2\pi h}{\lambda}} - e^{-\frac{2\pi h}{\lambda}}}{e^{\frac{2\pi h}{\lambda}} + e^{-\frac{2\pi h}{\lambda}}},$$

où g et π représentent les grandeurs ordinaires, e la base des logarithmes népériens, h la profondeur de la mer et λ la longueur de l'onde; cette formule elle-même n'est applicable que lorsque la *hauteur de l'onde* peut être négligée par rapport à la profondeur h.

Or, lorsque $\frac{h}{\lambda}$ est très petit, on trouve la formule simple en divisant le numérateur et le dénominateur du second facteur par $e^{-\frac{2\pi h}{\lambda}}$, développant en série et négligeant les puissances supérieures de $\frac{h}{\lambda}$.

On obtient ainsi:

$$v^2 = \frac{g\,\lambda}{2\,\pi} \cdot \frac{e^{\frac{4\,\pi\,h}{\lambda}} - 1}{e^{\frac{4\,\pi\,h}{\lambda}} + 1} \ldots\ldots\ldots =$$

$$= \frac{g\,\lambda}{2\,\pi} \cdot \frac{1 + \frac{4\,\pi\,h}{\lambda} + \tfrac{1}{2}\left(\frac{4\,\pi\,h}{\lambda}\right)^2 + \ldots\ldots - 1}{1 + \frac{4\,\pi\,h}{\lambda} + \tfrac{1}{2}\left(\frac{4\,\pi\,h}{\lambda}\right)^2 + \ldots\ldots + 1} =$$

$$= \frac{g\,\lambda}{2\,\pi} \cdot \frac{\frac{4\,\pi\,h}{\lambda} + \tfrac{1}{2}\left(\frac{4\,\pi\,h}{\lambda}\right)^2 + \ldots\ldots}{2 + \frac{4\,\pi\,h}{\lambda} + \tfrac{1}{2}\left(\frac{4\,\pi\,h}{\lambda}\right)^2 + \ldots\ldots} =$$

$$= \frac{g\,\lambda}{2\,\pi}\left(\frac{2\,\pi\,h}{\lambda} + \ldots\ldots\ldots\right);$$

par conséquent, tous les termes suivants étant négligés:

$$v^2 = \frac{g\,\lambda}{2\,\pi} \times \frac{2\,\pi\,h}{\lambda} = g\,h.$$

400ª. E. H. Weber und W. Weber. Wellenlehre auf Experimente begründet. Leipzig 1825, p. 90—100.

400ᵇ. Communication de M. N. Mac Neill, Consul d'Angleterre à Batavia.

400ᶜ. Tableau envoyé par M. A. Mendes da Costa, Vice-Consul des Pays-Bas à Buénos-Ayres.

401. Dans la seconde colonne est donnée l'heure à laquelle la première onde de la série, celle qui fut émise à $10^h\,0^m$ de Krakatau, atteignit dans les différents lieux son niveau *le plus élevé*. Lorsqu'une seule onde a été signalée, celle-ci est inscrite; quand il y a lieu de présumer que ce n'était pas la première onde, on n'a pas calculé la profondeur, parce que la vitesse n'était pas connue.

Dans la troisième colonne, la différence de temps est prise positive lorsque les lieux sont situés à l'est de Krakatau, négative quand ils se trouvent à l'ouest de Krakatau. Partout il a été tenu compte de cette différence de temps, dans la supposition que toutes les indications d'heure avaient eu lieu exactement en temps local.

Le mille de 60 au degré a toujours été pris égal à $\frac{7420.4}{4} = 1855.1$ mètres (voir **397**), et $g = 9.781$ pour l'Inde (voir **398**).

La profondeur de la mer a été calculée suivant la formule: $h = \frac{v^2}{g}$, où h est la profondeur en mètres, v la vitesse en mètres par seconde, $g = 9.781$.

Lorsque a est la vitesse en milles par heure, on a donc pour la vitesse en mètres par seconde $v = \frac{a \times 1855.1}{3600}$; par conséquent $\log. v =$ $= \log. a + (9.71206 - 10)$; puis $\log. h = 2 \log. v - 0.99038 =$ $= 2 \log. a + (8.43375 - 10)$.

402. Rapport du mois d'Août de l'architecte adjoint M. J. A. C. Hamilton. »A $4^{h\,1}/_{2}$ l'eau commença à croître fortement; à $5^{h\,1}/_{2}$ elle était de nouveau décroissante." En conséquence, j'ai pris 5 heures pour l'instant du niveau le plus élevé.

403. Par l'entremise de M. le Consul-général des Pays-Bas à Melbourne j'ai reçu, concernant les ondes observées sur la côte occidentale de l'Australie, les données suivantes, que M. J. Ellery, Gov. Astr. à Melbourne, avait eu l'extrême obligeance de recueillir pour moi.

Extract from notes of the meteorological Observer at Carnarvon Townsite. (Lat. 24° 52′ 45″ S, Long. 113° 39′ E). August 28th 1883. Succession of tidal waves from 3 to 4 feet high, causing the rise and fall of tide three times within $1^1/_2$ hours, supposed earthquake. (w. s.) Crouther Jnr, Observer.

Meteorological Office Cossack. (Lat. 20° 40′ S; Long. 117° 8′ E). An extraordinary tide set in at $^1/_2$ past four p. m. on the 27th, rose nearly 5 feet and then went on just as rapidly, the coming in and going out not occupying more than 30 minutes.

A report since received from the *Ashburton* is to the same effect; except that the tide occurred at midday.

On the 28th there were fully 12 tides in the 24 hours, an unheard of occurrence. (w. s.) R. B. Martin, Observer.

The Observer at Rottnest. (Lat. 31° 59′ 45″ S; Long. 115° 33′ 21″ E) reported a tidal wave of nearly 18 inches on the 27th at 4.30 p. m.

The Observer at Geraldton reported »At about 8 o'clock p. m. on the 27th, the sea suddenly rose about 6 feet, and receded again so far that boats which were anchored in six feet of water were left high and dry, it rose again, but not so high as at first, and continued rising and falling gradually, getting less and less till about noon the next day when it ceased. The height between the highest rise and lowest fall was 12 feet. (w. s.) H. Jarmer, Observer.

Extract from Victoria Express, Wednesday, August 29 1883.

Geraldton. (Lat. 28° 46′ 40″ S; Long. 114° 36′ 14″ E.) A most unusual tide rose here on Monday evening, which was declared bij those who know, to have been a regular tidal wave. The water rose nearly six feet.

Extract from Western Australian, Friday, Aug. 31, 1883. Telegram from *Geraldton*. »A most unusual rise of tide took place on Monday evening; at 8 o'clock and again at half past 8 the sea receded over a hundred yards enabling people to pick up fish in quantities. The sea returned with a great rushing noise and those who were fish gathering had to run quickly for their lives. Boats that were high and dry on the beach were washed out and swamped.

The *Rob Roy* and the lighters at anchor were twisted right round. The sea rose about 8 feet. In a short time all was quiet again, except that the ocean continued rising and falling untill next morning".

Il n'y a *pas* de marégraphes sur la Côte occidentale de l'Australie; les heures indiquées pour l'arrivée des ondes diffèrent, comme on le voit, beaucoup entre elles, et il est probable que la plupart de ces indications ne se rapportent pas à la première onde, mais à l'une des suivantes. Ainsi, par exemple, il n'est pas possible que la même onde ait été observée à midi à Ashburton-River, à 4^h 30^m à Cossack et à Rottnest-Island (près de Perth), et seulement à 8 heures du soir à Geraldton.

403^a^. Nature, N°. 737, Dec. 13, p. 154. Extract from a letter of Staff Commander Coghlan R. N. »In Champion Bay a wave rose 8 feet above the usual highwater mark. At Fremantle, King George's Sound, and along the South coast a wave of less height was experienced. (Aucune heure n'est indiquée).

403^b^. *The Argus*. Melbourne, Sept. 10, N°. 11613, p. 10. Mention d'une onde observée sur la Côte occidentale de l'Australie, et qui doit avoir eu 8 pieds de hauteur. Ni date, ni heure, ne sont indiquées.

404. *Weekly Ceylon Observer* N°. 34, Colombo, Sept. 1.

Extrait du Ceylon Observer du 27 Août. Ce jour-là, à Colombo, à 3^h 45^m de l'après-midi, la mer reflua au loin, pour revenir $^1/_4$ d'heure après. Une autre information parle de 3^h 30^m de l'après-midi.

Extrait du Ceylon Observer du 28 Août. A Galle, la mer reflua, le 27 Août, à 1^h 30^m; l'heure du retour n'est pas donnée.

Une autre information porte 3^h 30^m; l'eau, à Galle, monta et descendit 3 ou 4 fois.

A Kalutara la mer s'éleva d'abord à 3 pieds plus haut que d'ordinaire, puis reflua au loin, à 2 heures de l'après-midi, le 27 Août. Ces mouvements se répétèrent plusieurs fois.

A Batticaloa (côte orientale de Ceylan), une haute vague entra à 2^h de l'après-midi, le 27 Août; l'eau monta de 3 pieds.

Weekly Ceylon Observer N°. 35. Colombo, Sept. 5.

Extrait du Ceylon Observer du 4 Sept. Le premier retrait de la mer

commença, à Galle, le 27 à 1^h 30^m; l'indication de 3^h 30^m se rapporte donc à une deuxième onde. En peu de minutes l'eau remonta au niveau ordinaire (?).

404ª. Sur les ondes observées à Madras, à Negapatam, au Cap Comorin et à Kurachi on trouve de brèves informations dans le Java Bode du 4 Octobre et dans le Locomotief, N°. 229, 1883, mais sans indication de temps.

404ᵇ. Nature, N°. 730, Oct. 25, p. 626. Communication sommaire du Major A. W. Baird sur des ondes observées dans l'Inde anglaise, à Port-Blair (îles Andaman), Negapatam, Bombay, Kurachi et Aden.

404ᶜ. Nature, N°. 746, Febr. 14, 1884 p. 358—360. Earthquake disturbances of the tides on the coasts of India by J. T. Walker Lieut. General. C'est un extrait du mémoire présenté à la Société Royale par le major A. W. Baird.

404ᵈ. Major Baird's Report on the volcanic eruptions at Java in August 1883. Extracted from the General Report on the operations of the Survey of India for 1882—83, Dehra Dun, 1884.

A ce rapport sont jointes les courbes marégraphiques de 12 stations de l'Inde anglaise (Port Blair, Negapatam, Madras, Vizagapatam, False-Point, Dublat, Diamond Harbour, Kidderpore, Beypore, Bombay, Kurachi et Aden), ainsi qu'une carte synoptique de l'Océan Indien, sur laquelle la propagation du mouvement ondulatoire est indiquée d'heure en heure. L'auteur a toutefois supposé que la production d'onde eut lieu à 10^h 10^m temps de Batavia, heure qu'il identifie avec 9^h 19^m temps de Port Blair. Dans cette identification, tout d'abord, il s'est glissé une erreur de 5 minutes, car la différence de temps est déjà de 51 minutes entre Port Blair et Krakatau, et entre Port Blair et Batavia elle s'élève à 56 minutes.

Les calculs subséquents du Major Baird reposent sur ce chiffre 9^h 19^m temps de Port Blair, donc 10^h 10^m temps de *Krakatau*.

Abstraction faite d'ailleurs de cette erreur de 5 minutes, toute la détermination du temps est inexacte, parce que le Major Baird porte la profondeur moyenne de la mer entre Batavia et Krakatau, d'après la carte, à 31 brasses, ou 186 pieds anglais; méprise qui résulte peut-être de ce que, sur la carte marine hollandaise de Blommendal, les profondeurs ne sont pas données en brasses, mais en mètres. La profondeur moyenne ne dépasse pas 20 brasses. En outre, pour la grande vague, il n'est pas permis de faire usage de la formule $v = \sqrt{gh}$. Il doit encore y avoir erreur dans l'indication (rapportée aussi par nous, p. 36) que le niveau le plus élevé aurait déjà été atteint, à Batavia, à 12^h 10^m. Pour cela, la différence des distances de Krakatau à Batavia et de Krakatau à Tandjong Priok est

beaucoup trop faible. Au Kleinen Boom, à Batavia, la hauteur maximum ne peut avoir été atteinte avant $12^h\ 30^m$. D'après le calcul que j'ai donné plus haut, l'onde prit naissance à $10^h\ 0^m$ temps de Krakatau = $9^h\ 9^m$ temps de Port Blair, donc 10 minutes plus tôt que ne l'admet le Major Baird.

Enfin, pour les distances de Krakatau aux différentes stations, je trouve des valeurs qui çà et là s'écartent un peu de celles admises par le Major Baird; en général, toutefois, les différences ne sont pas grandes.

J'emprunte à l'intéressant Rapport du Major Baird les chiffres suivants, pour l'heure à laquelle la première grande onde est arrivée aux différentes stations; dans le rapport, ces heures sont converties en temps de Port Blair; il faut y ajouter, à raison de la différence de longitude entre Port Blair et Krakatau, 51 minutes, pour avoir les heures d'arrivée en temps de Krakatau. A celles-ci j'ai joint les heures d'arrivée en temps local, ainsi que la durée de propagation de l'onde, comptée à partir de $10^h\ 0^m$ temps de Krakatau.

Lieux.	Arrivée de la 1ère grande onde, temps local.	Différence de temps.	Temps de Port Blair.	Différence de temps.	Temps de Krakatau.	Durée de propagation de l'onde.
	h m	h m	h m		h m	h m
Port Blair . . .	1 55 soir.	0	1 55 soir.	51m	2 46 soir.	4 46
Galle	1 25 »	50	2 15 »	id.	3 6 »	5 6
Trincomali . . .	1 29 »	46	2 15 »	id.	3 6 »	5 6
Negapatam . . .	2 30 »	52	3 22 »	id.	4 13 »	6 13
Madras	2 33 »	50	3 23 »	id.	4 14 »	6 14
Vizagapatam. . .	3 14 »	38	3 52 »	id.	4 43 »	6 43
False Point . . .	4 36 »	24	5 0 »	id.	5 51 »	7 51
Dublat.	5 55 »	19	6 14 »	id.	7 5 »	9 5
Diamond Harbour.	8 5 »	18	8 23 »	id.	9 14 »	11 14
Kidderpore(Calcutta)	10 0 »	18	10 18 »	id.	11 9 »	13 9
Beypore	3 46 »	1 8	4 54 »	id.	5 45 »	7 45
Bombay	6 48 »	1 20	8 8 »	id.	8 59 »	10 59
Kurachi	6 34 »	1 43	8 17 »	id.	9 8 »	11 8
Aden	5 46 »	3 11	8 57 »	id	9 48 »	11 48

405. Nature N°. 732, Nov. 8, p. 32. Communications de M. Meldrum, extraites du Mauritius Mercantile Record. A *Cassis*, l'eau fut haute à $1^h\ 30^m$ de l'après-midi (27 Août). A *St. Brandons Island*, l'onde arriva à 3^h de l'après-midi et monta de 20 pieds (probablement une erreur d'impression, au lieu de 2 pieds. Verb.) au-dessus du niveau le plus élevé de haute mer.

Une deuxième onde arriva 15 minutes plus tard, les oscillations durèrent jusqu'à 7^h du soir. Le 28 Août, entre 4^h et 7^h du matin, 4 nouvelles ondes furent encore observées.

Aux *Seychelles*, l'onde fut observée pour la première fois à 4^h de l'après-midi, le 27; l'eau monta de 2 pieds.

A *Rodriguez*, le premier mouvement de la mer fut observé à 1^h 30^m de l'après-midi; une onde plus élevée n'arriva, paraît-il, qu'à 2^h 30^m, et s'éleva de 5 pieds 11 pouces, après quoi la mer reflua fortement.

A la *Réunion*, notamment sur la Côte sud-ouest, à St. Pierre, on observa également des ondes, dont l'amplitude maximum fut de $1^1/_2$ mètres. L'heure n'est pas indiquée.

A *East London* (Afrique méridionale), l'échelle marquait à 5^h 30^m de l'après-midi (27 Août) 2 feet 3 inches; l'eau monta alors jusqu'à 3 feet 3 inches à 5^h 38^m, retomba jusqu'à 1 foot 8 inches à 5^h 45^m et même jusqu'à 1 foot 3 inches à 5^h 49^m; à 6^h 10^m elle avait repris le niveau de 2 feet 3 inches. L'amplitude de l'onde fut donc de 2 pieds anglais, le moment du maximum 5^h 38^m.

D'après une communication qui m'a été envoyée officiellement, par l'entremise du Consul d'Angleterre à Batavia, M. N. Mac Neill, le marégraphe d'East-London ne fonctionna *pas* aux dates du 26—31 Août. La mer s'éleva, suivant estime, de 2 à 3 pieds (anglais). Les niveaux mentionnés ci-dessus doivent donc avoir été observés sur une autre échelle.

406. The merchants and planters gazette. Overland Mail edition. Mauritius, Sept. 8, N°. 30, p. 273. Courte communication sur des ondes observées à Port Louis, le 27 Août, entre 1^h 30^m et 6^h de l'après-midi.

407. Nature, N°. 730, Oct. 25, p. 626. Communications de M. Meldrum, extraites du Mauritius Mercantile Record du 8 Sept. A Port Louis, d'après le Progrès Colonial du 29 Août, la mer reflua le 27 Août à 2^h de l'après-midi et revint $^1/_4$ d'heure après. L'eau s'abaissa de 5 (?) pieds et s'éleva de la même quantité au-dessus du niveau primitif (?) Mercantile Record du 30 Août).

Au rapport du capitaine Ferrat, du *Touareg*, l'eau monta de 3 pieds. Les oscillations durèrent jusqu'à 6 ou 7 heures du soir, et étaient encore appréciables le 28 Août au matin; entre les niveaux maximum et minimum, il s'écoulait un intervalle de 15 à 20 minutes.

408. La courbe marégraphique de Port Alfred m'est également parvenue par l'entremise du Consul d'Angleterre à Batavia. La première onde, qui fut suivie d'une série d'autres à amplitude plus grande, arriva à 4^h 18^m.

408ᵃ. Nature, N°. 730, Oct. 25, p. 626. Courbe du marégraphe de Port Elisabeth (Afrique méridionale), adressée par M. Shield, harbour engineer. Com-

munication de M. DAVID GILL, Royal Observatory, Cape of Good Hope, Sept. 25. Avec copie de la courbe marégraphique, à très petite échelle et sans indication de la hauteur (Voir notre fig. 40).

La fig. 40 était déja reproduite, lorsque je reçus, par l'entremise de M. M^c. NEILL, la courbe marégraphique de Port Elisabeth à l'échelle originale; il en ressort que le maximum de la première onde n'eut pas lieu à 4^h 26^m, comme l'indique notre copie, mais à 4^h 36^m. Sur le dessin, les pieds et les heures sont pris de longueur égale; la hauteur totale de notre dessin fig. 40 représente donc 6 pieds anglais.

409. Le tracé marégraphique d'Alfred Dock, Baie de la Table, également reçu de M. M^c NEILL, montre que la première onde est arrivée en ce point à 5^h 54^m. Ici encore, l'amplitude de cette onde est moindre que celle des suivantes.

410. Zeitschrift der Oesterr. Gesellschaft für Meteorologie, Band XIX, 1884, p. 102. Communication de M. le D^r. G. NEUMAYER. L'onde atteignit Moltkehafen, dans la Géorgie-du-Sud, le 28 (?) Août, à 2^h de l'après-midi; page 192, cette indication fautive est corrigée et changée en 27 Août 2^h de l'après-midi. Toutefois, d'après la copie réduite de la courbe marégraphique de la Géorgie-du-Sud, publiée dans les Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, Heft IV, 1884, la première onde atteignit le niveau le plus élevé le 27 Août à 2^h 24^m de l'après-midi.

411. Revue Scientifique, N°. 13, 29 Mars 1884, p. 393. Le marégraphe de la baie Orange près du Cap Horn, établi par les membres de la Mission française du pôle sud, à bord de la *Romanche*, a très nettement inscrit les ondes. L'heure exacte de l'arrivée de la première onde n'est pas donnée.

D'après M. BOUQUET DE LA GRYE cette arrivée eut lieu le 27 Août à 8^h 10^m temps astronomique = 8^h 10^m du soir, temps civil de Paris, correspondant à 3^h 28^m après-midi, temps local de la baie Orange. Voir: Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, N° 217, 1884.

412. La représentation graphique des lectures de l'échelle de Talcahuano (baie de la Conception, Chili), qui n'ont lieu que de jour et toutes les demiheures, a été obligeamment cédée par M. J. DIRKS, membre de la Seconde Chambre des Etats-Généraux, et m'est parvenue par voie officielle.

413. Tägliche Rundschau, N° 256. Les informations sont probablement tirées du Sydney Mail du 4? Septembre. Information sur des vagues anormales à *Perth* (27 Août, sans indication d'heure), à *Sydney* entre 28 Août 5^h $^1/_2$ du soir et 29 Août 2 heures du matin, et à *Auckland*, en Nouvelle-Zélande le 29 Août à 4 heures du matin.

Les mêmes informations sont reproduites dans le Java Bode du 8 Octobre, avec des dates en partie fautives.

En ce qui concerne les ondes de Sydney, je dois remarquer que les copies des tracés marégraphiques, que M. H. C. RUSSELL, Government Astronomer à Sydney a eu la bonté de m'envoyer, par l'entremise du Consul général des Pays-Bas à Melbourne, montrent des perturbations aux heures suivantes:

28 Août	3—7 heures du mat.,	et	2—7 heures du soir.
29 »	2—7 » »	»	3—8 » »
30 »	5—8 » »	»	7 » »
31 »	5—8 » »		

Toutes ces perturbations coïncident précisément avec la haute mer, et M. RUSSELL me communique qu'au moment de la haute mer il y a toujours perturbation à Sydney, même quand aucune cause particulière ne peut être assignée. La raison en est que la Nouvelle-Zélande se trouve sur le chemin de l'onde de marée, et que celle-ci est par suite partagée en deux parties, qui donnent lieu à des perturbations lorsque les sommets des ondes atteignent l'Australie.

Les 7 ondes observées entre 2 et 7 heures du matin, le 29 Août, ont une période relativement courte; la plus haute de ces ondes, celle de $4^h\ 45^m$, a une période d'environ $^3/_4$ d'heure; peut-être est-ce la première onde, celle qui correspond à notre onde de $10^h\ 0^m$, mais à cet égard, de même qu'à l'égard du chemin pris par l'onde, il subsiste une grande incertitude.

414. *The Argus*, Melbourne, Sept. 24, N°. 11625. Sur des ondes observées à la Nouvelle-Zélande, le 29 Août. Elles furent remarquées en premier lieu dans la Mercury-Bay, où la mer monta de 6 pieds (Aucune indication d'heure).

415. Informations recueillies par M. TODD, Government Astronomer à Adélaïde, et qui m'ont été envoyées par M. le Consul général des Pays-Bas à Melbourne.

»*Auckland* 29th; a tidal wave made its appearance at northern New-Zealand to day, commencing at 4 this morning. The sea was rushing in violently and for several hours, and the disturbance was slightly perceptible at 10 o'clock last night.

»*Tasmania*. In Tasmania there was a strong tidal disturbance on the Huon-river on the 28th and 29th, the tide coming in with great speed and force, throwing mounds of mud up in several places 3 ft. high. (Les heures ne sont pas indiquées).

416. Des photographies très réduites des courbes marégraphiques de Saucelito et de Kadiak ont été publiées par M. C. O. BOUTELLE dans le journal Science, Vol. III, 1884, p. 777.

De ces très petites figures on ne peut déduire avec certitude à quelle heure arriva la première onde. Par voie officielle j'ai reçu des copies un

peu plus grandes, desquelles il semble résulter que l'arrivée de la première onde eut lieu pour Saucelito à 1^h 4^m de l'après-midi du 27, et pour Kadiak à 5^h 7^m de l'après-midi du 27, l'une et l'autre de ces heures en temps local.

A Honolulu fonctionne également un marégraphe, mais la courbe du 27 Août n'a pas encore été reçue.

417. L'équation de la loxodromie, courbe qui tourne en spirale indéfinie autour du pôle, se trouve, entre autres, dans: D. J. Brouwer. Handleiding tot de theoretische en practische Zeevaartkunde. Eerste deel, 1864, p. 56.

418. Ces sondes se trouvent sur la Carte marine anglaise: The Indian Ocean, London. Published at the Admiralty 15th Febr. 1870.

419. Indication de M. Ross, de l'île Keeling, qui m'a été communiquée par M. P. Landberg, de Batavia.

419a. Comptes rendus N°. 22, 26 Nov. 1883, p. 1172. F. de Lesseps. Propagation marine de la commotion du tremblement de terre de Java. Voir aussi: Bulletin du Canal interocéanique, Paris 4e année N°. 103, 1 Dec. 1883.

419b. Comptes rendus N°. 5, 4 Février 1884, p. 272. F. de Lesseps. Courbes du marégraphe de Colon (Tremblement de terre à Santander, à Guyaquil, Chio, etc.)

419c. Nature N°. 749, March 6, p. 427. Communication de M. Maxwell Hall, de Kingston.

419d. Comptes rendus N°. 22, 26 Nov. 1883, p. 1228. Voir aussi: Cosmos, les Mondes, Tome VI, 29 Dec. 1883: Bouquet de la Grye. Sur la propagation des lames produites par l'éruption des volcans de Java.

419e. Bulletin hebdomadaire de l'Association scientifique de France, N°. 217, 1884, p. 109—126: A. Bouquet de la Grye. Les mouvements de la mer.

491f. La vitesse de la plupart des courants est de ½ à 1 mille marin par heure; comme maximum pour certaines parties du Gulfstream, du Courant de Mozambique et de quelques autres, on peut admettre 4 à 5 milles par heure.

420. A. D. Bache. Dans: Coast Survey Reports for 1855.

420a. F. von Hochstetter. Ueber das Erdbeben am 13 Aug. 1868 und die dadurch veranlassten Fluthwellen, etc. Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissensch. Wien Band LVIII 2te Abtheilung 1868 S. 837 ff. (Erste Mittheilung).

Idem. Die Erdbebenfluth im Pazifischen Ocean vom 13 bis 16 August 1868 und die mittleren Tiefen dieses Oceans. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Band LIX 2te Abth. 1869, S. 109 ff. (Zweite Mittheilung).

Idem. Die Erdbebenfluth im Pazifischen Ocean vom 13 bis 18 August 1868, nach Beobachtungen an der Küste von Australien. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. Band LX 2te Abth. 1870, S. 818 ff. (Dritte Mittheilung).

421. F. von Hochstetter. Die Erdbebenfluth im Pacifischen Ocean vom 13 bis

16 August 1868. PETERMANN's Geogr. Mittheilungen Band 15, 1869, S. 222. Mit Karte.

422. E. GEINITZ. Das Erdbeben von Iquique am 9 Mai 1877 und die dadurch erzeugte Fluth im Grossen Ocean. PETERMANN's Geogr. Mittheilungen, Band 23, 1877, S. 454 ff.

423. *Tremblements de terre.*

N°.	Date.	Lieu, heure, etc..
	1883.	
1	3 Janv.	Taba Penandjong (Benkoelen), 2 heures de l'après-midi. Secousses légères. Durée 1 à 1½ seconde. Direction S.—N.
2	20 Janv.	Asahan (Bengkalis) $9^h½$ du soir. Tremblement de terre qui commença par un choc violent, suivi de quelques secousses. Durée 10 à 12 secondes. Direction E—O.
	20 Janv.	Deli, Langkat, Serdang, (Côte orientale de Sumatra) 9^u 20^m du soir. Choc violent accompagné de bruit souterrain, venant du S. E. Durée plusieurs secondes.
3	21 Janv.	Singkel, (Tapanoeli, Côte occidentale de Sumatra) 7^h 50^m et 8^h 27^m du soir. Légères secousses horizontales.
4	26 et 27 Janv.	Tontolie (Macassar) la nuit. Direction S.—N. Secousse violente. Durée quelques secondes.
	26 et 27 Jan.	Balangnipa (Macassar) la nuit. Direction N.—S.
5	6 Févr.	Siboga (Côte occid. de Sumatra). Matin. Direction E.—O. Durée 2 secondes. Ressenti aussi à Singkel.
6	8 Févr.	Siboga (Côte occid. de Sumatra) 4^h 55^m de l'après-midi. Tremblement de terre horizontale. Direction N.—S. Durée 2 secondes. Ressenti aussi à Singkel.
7	10 Févr.	Garoet (Régences de Preanger) $6^h¾$ du soir. Direction S. E.—N. O. Quelques légères secousses.
8	6 Mars.	Siboga (Côte occid. de Sumatra) 11^h 45^m. Secousse légère. Direction E.—O. Durée 1 seconde.
9	13 Mars.	Gomo-Gomo (division Watoelei, Amboine) 2^h 10^m après-midi. Secousse légère. Durée 2 secondes.
10	14 Mars.	Banda Neira (Amboine) 3^h 35^m après-midi, 3 fortes secousses. Direction O.—E.
11	27 Avril.	Alahan Pandjang (Hauts-Pays de Padang, Côte occid. de Sumatra) 10^h du matin. Secousses violentes et brèves.
12	9 Mai.	Java's 1e punt (Bantam) Un peu avant minuit.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
13	15 Mai.	Ketimbang (Lampongs) la nuit. Assez fort; horizontal; direction N. E.—S. O.; du 15 au 20 Mai secousses répétées.
14	17 Mai.	Anjer (Bantam) 10^h 25^m du soir. Secousse légère.
15	27 Mai.	Tjaringin (Bantam) 2^h et 3^h 55^m du matin. Ressenti aussi à Pandeglang.
	27 Mai.	Java's 1e punt (Bantam) 3^h 30^m, 4^h 2^m et 4^h 20^m du matin. Fortes secousses. Pas de dommage au phare.
	27 Mai.	Teloeq Betoeng (Lampongs) 3^h 30^m du matin, une secousse horizontale.
	27 Mai.	Vlakke Hoek (Benkoelen) 4^h et 4^h 30^m du matin, secousses assez fortes.
16	27 Mai.	Painan (Bas-Pays de Padang, Côte occid. de Sumatra) 5^h de l'après-midi. Durée 4 secondes. Direction N. E. $^1/_4$ N. Bruit pareil à celui d'un orage, durée 10 secondes.
17	3 Juin.	Bandjermasin, Martapoera et Tabanio (Divisions S. et E. de Bornéo) 7^h du soir. Durée 10 à 12 secondes, 12 à 13 secousses. Direction S.—N.
18	3 Juin.	Soemenap (Madoera) 7^h 15^m du soir. Secousses légères.
19	4 Juin.	Pamekassan (Madoera) $7^{h\,1}/_2$ et 8^h 10^m du soir. Secousses légères. Direction O.—E.
20	4 Juin.	Padang Pandjang (Côte occid. de Sumatra) 8^h 50^m du matin. Deux légères secousses. Direction N. O.—S. E.
21	16 Juin.	Padang (Côte occ. de Sumatra) $2^{h\,3}/_4$ de l'après-midi. Tremblement de terre accompagné de roulements souterrains. Durée 15 secondes.
22	7 Juillet.	Pontianak, Sambas et Singkawang (Division ouest de Borneo) $4^{h\,1}/_2$ du matin. Durée 2 sec. Tremblement de terre assez violent. Direction E.—O.; accompagné de détonations.
23	13 Août.	Amboine $11^{h\,3}/_4$ du soir. Durée 15 sec.; accompagné de bruit souterrain. Direction O.—E.
24	25 Août.	Koeningan (Cheribon) 4^h après-midi, une faible secousse horizontale de tremblement de terre. Direction O.—E. Vers 8^h du soir un bruit souterrain assez fort.
25	26 Août.	Java's 1e punt (Bantam) 7^h 50^m du soir, fortes secousses.

N°.	Date	Lieu. heure, etc.
26	27 Août.	Bondjol (Côte occid. de Sumatra) 3^h du matin. Horizontal. (Vibrations de l'air?)
27	27 Août.	Amboine 4^h après-midi, commotion assez forte, d'environ 1 minute de durée. Horizontale. Direction O.—E. Tremblement de mer aux Moluques.
28	29 Août.	Banjoewangi. Très faible tremblement de terre.
29	1 Sept.	Menès (Bantam) 3^h 45^m et 4^h 30^m du matin.
	1 Sept.	Tjimanoek (Pandeglang, Bantam) 4^h du matin. Deux secousses.
30	8 Sept.	Banjoewangi. Très faible tremblement de terre.
31	15 Sept.	Amahei (Amboine) 3^h 50^m après-midi. Fortes secousses.
32	18 Sept.	Rangkas Betoeng (Bantam) midi $^3/_4$. Durée 5 secondes. Direction O.—E.
	18 Sept.	Malimping (Bantam) 1^h après-midi. Durée 10 sec.
	18 Sept.	Java's 1e punt (Bantam) 1^h après-midi. Fortes secousses.
33	19 Sept	Java's 1e punt (Bantam) 18/19 Septembre à minuit et à 2 heures du matin, deux secousses légères.
34	21 et 22 Sept.	Padang (Côte occid. de Sumatra) la nuit. Durée 10 sec. Direction O—E.
	21 et 22 Sept.	Sidjoendjoeng, Tanah-datar (Côte occ. de Sumatra). Violent.
35	22 Sept.	Gorontalo (Menado) 10^h 55^m du matin. Direction S. E.—N. O. Assez fort.
36	23 Sept.	Painan (Côte occid. de Sumatra) 11^h du matin. Forte secousse.
37	1 Oct.	Kauer (Benkoelen) 2^h 30^m du matin. Courte et forte secousse.
	1 Oct.	Moeara Doea (Palembang) 3^h du matin, secousse légère.
	1 Oct.	Division Toelang-Bawang (Lampongs) 2^h 50^m du matin, une secousse. Durée 1 seconde.
38	11 Oct.	Moeara Doea (Palembang) 8^h du soir, secousse légère.
39	16 Oct.	Natal (Côte occid. de Sumatra), secousse faible.
40	18 Oct.	Padang (Côte occid. de Sumatra) 12^h 52^m. Direction N. O.—S. E. Durée 3 sec. Ressenti aussi à Painan, Balei-Selasa et Natal.
41	19 Oct.	Banjoewangi, la nuit. Une secousse, accompagnée de trois détonations.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
42	21 Oct.	Benkoelen, 11^h 10^m du soir; deux secousses.
	21 Oct.	Kauer (Benkoelen) 11^h du soir; secousse légère. Direction S.—N. Ressenti aussi à Laïs et aux Ommelanden de Benkoelen.
	21 Oct.	Banding-Agoeng (Ranau, Palembang) 11^h du soir. Direcrection S.—N., violent.
43	27 Oct.	Cheribon. Léger tremblement de mer à 2^h de l'après-midi. Communication de M. Mann, capitaine du vapeur *Laja*. Durée 5 à 6 secondes.
44	9 Nov.	Alor ou Ombaai (Timor) 7^h du soir. Durée 2 sec. Direction O.—E.; et à Atapoepoe, la nuit, 5 secousses.
45	16 Nov.	Djembrana (Bali) 11^h du soir. Direction S.—N.
46	26 Nov.	Amboine, 5 heures, 5^h 10^m et 5^h 30^m du matin, et 2^h 10^m de l'après-midi. Secousse légère. Direction O.—E.
	26 et 27 Nov.	Saparoea (Amboine) 4^h 50^m du matin, fortes secousses; 10^h du matin et 8^h$^1/_2$ du soir; 27 Nov., un peu avant 9^h du matin, secousses faibles. Eglise, école indigène, maison du pasteur-adjoint endommagées par la secousse du 26 Nov., le matin. Source chaude formée près de Seri-Sori-Serani.
	26 Nov.	Kairatoe (Amboine) 5^h du matin et 2^h de l'après-midi. (1ère secousse assez violente).
	26 et 27 Nov.	Amahei (Amboine). Continuelles secousses de tremblement de terre, fortes surtout le 26 Nov. 5^h et 5^h 30^m du matin.
	26 Nov. au 7 Déc.	Saparoea (Amboine). Journellement de légères secousses. Le 7 Décembre 2 secousses plus fortes. La Baie de Wassoe (île Haroekoe), autrefois profonde de 9 brasses, a acquis par le tremblement de terre du 26 Novembre, une profondeur de 23 brasses.
47	27 Nov.	Tontolie (Macassar) 2^h$^1/_2$ après-midi. Fortes secousses; 1ère secousse direction S. E.—N. O.; 2ième secousse E.—O.
48	5, 6 et 7 Déc.	Tebing-Tinggie (Palembang). Direction N. E.—S. O. Secousses horizontales.
	5, 6 et 7 Déc.	Sous-division Redjang (Palembang) asses fortes secousses horizontales. Direction N. E.—S. O.
49	5 Déc.	Kajeli (Amboine) 1^h 24^m, violent.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
50	6 Déc.	Menès et toute la division Tjaringin, $7^h\ 30^m$ du soir (assez fort). Durée 10 sec. Ce tremblement de terre a aussi été ressenti à Lebak et à Goenoeng Kentjana, et entre 7 et 8 heures du soir à Pasaoeran dans la division Anjer (Bantam).
51	10 Déc.	Kajeli (Amboine) $4^h\ 12^m$ après-midi, 2 secousses assez fortes.
52	12 Déc.	Taloe (Division Ajer Bangies et Rau) la nuit, assez fort.
53	19 Déc.	Poespa, district Tengger, div. Winongan (Pasoeroean) $7^{h\,1}/_2$ du soir.
54	21 Déc.	Siak (Bengkalis) entre $8^{h\,1}/_2$ et 9^h du soir, 7 détonations sourdes, accompagnées de vibrations, bruit venant du S. E.
55	21 et 23 Déc.	Goenoeng Sitoli (Nias). Entendu de temps en temps des bruits pareils à de forts coups de canon. Léger tremblement de terre le 22 Déc. $11^{h\,1}/_2$ du matin. Direction N.—S.
56	23 Déc.	Siboga (Côte occid. de Sumatra) 10^h du soir. Direction N. E.—S. O.
57	27 Déc.	Gorontalo (Menado) $4^{h\,1}/_2$ après-midi. Direction E.—O. (secousse légère).
58	27 Déc.	Amahei (Amboine) $10^{h\,1}/_2$ du soir.
59	28 et 29 Déc.	Padang Pandjang, la nuit, secousses verticales.
60	31 Déc.	Royaume de Bolang Mongondo (Menado) secousses légères.
	1884.	
61	5 Janv.	Amahei (Amboine) 2 heures.
62	8 Janv.	Goenoeng Sitoli (Nias) $8^{h\,3}/_4$ du soir. Fortes secousses
63	11 Janv.	Royaume de Bolang Mongondo (Menado) secousses légères.
64	13 Janv.	Bima (Macassar) minuit (faible). Direction S.—N.
65	31 Janv.	Vlakke Hoek (Benkoelen) $1^h\ 30^m$ après-midi, secousses légères.
66	6 Févr.	Vlakke Hoek (Benkoelen) $10^h\ 30^m$ après-midi, secousses légères.
67	10 Févr.	Vlakke Hoek (Benkoelen) $9^h\ 30^m$ après-midi, secousses légères.
68	19 Févr.	Padang (Côte occid. de Sumatra) secousse et bruit souterrain, le soir. Direction N.—S.
69	20 Févr.	Mokko-Mokko (Benkoelen) $5^{h\,1}/_2$ après-midi. Forte secousse horizontale. Direction E.—O. Durée 20 sec.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
69	20 Févr.	Padang (Côte occid. de Sumatra) secousse et bruit souterrain à $5^{h\,1}/_2$ du soir. La même secousse a aussi été sentie à Painan.
70	21 Févr.	Minahassa et îles Sangi, 5 heures du matin. Direction N.—S.
71	24 Févr.	Bima (Macassar) $10^{h\,1}/_2$ du matin. Direction S. O.—N. E.; 7^h du soir, forte secousse. Direction S.—N.
72	24 Févr.	Larantoeka, Timor (Koepang), Rotti et Soemba $7^{h\,1}/_2$ du soir.
73	26 Févr.	Atapoepoe (Timor) $3^{h\,1}/_2$ du matin. Durée 3 sec.
74	12 Mars.	Amboine et environs, $11^{h\,1}/_2$ du soir. Direction E.—O.
75	16 Mars.	Kajeli (Amboine) 9 heures du soir; vertical.
76	17/18 Mars.	Ile Sangi (Menado) la nuit, une secousse assez forte. Horizontale. Durée 10 sec. Direction N. E.—S. O.
77	20 Mars.	Koeningan (Cheribon) 10^h 13^m du soir, secousse accompagnée de bruits sourds.
78	24 Mars.	Amboine, 12^h 25^m après-midi.
79	3 Avril.	Bima (Macassar) 4^h 45^m du matin, 2 secousses légères. Direction N.—S.
80	9 Avril.	Mongondo (Menado) 11^h du matin. Secousses légères de tremblement de terre.
	9 Avril.	Amoerang (Menado) $11^{h\,1}/_4$ du matin. Secousses légères de tremblement de terre. Direction O.—E.
81	15 Avril	Atapoepoe (Koepang) 8^h du matin. Une secousse de tremblement de terre, durée 2 sec. Direction S. O.—N. E.
82	24 Avril.	Hauts et Bas Pays de Padang, $10^{h\,1}/_2$ un tremblement de terre d'assez longue durée, avec deux brèves et fortes secousses verticales, successives.
83	29 Avril.	Menès (Bantam) $8^{h\,1}/_2$ du soir.
84	6 Mai.	Malang (Pasoeroean) $4^{h\,1}/_2$ du matin; à 5 heures, ressenti aussi à Tosari.
85	13 Mai.	Gorontalo (Menado) $4^{h\,1}/_2$ du matin. Un tremblement de terre horizontal, assez fort. Direction E.—O.
86	14 Mai.	Tontolie (Macassar) $4^{h\,1}/_2$ du matin, forte secousse, durée quelques secondes, direction E.—O.; précédée d'un bruit souterrain, pareil à celui du tonnerre dans le lointain.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
87	16 Mai.	Kotta Nopan (Tapanoeli). Direction N.—S. 5^h du matin.
88	20 Mai.	Tontolie (Célèbes), E.—O. (pas d'indication d'heure). Durée quelques secondes.
89	3 Juin.	Benkoelen, Taba-Penandjoeng, Laïs. Plusieurs secousses verticales? Durée 10 sec. Direction S. E.—N. O.
90	5 Juin.	Manna (Benkoelen).
91	10 Juin.	Taba-Penandjoeng et Benkoelen. A midi 55^m une légère secousse verticale (?). Durée 5 sec.
	10 Juin.	Moeara Doea à 1^h après-midi; durée 10 sec. Ressenti aussi au chef-lieu Palembang.
92	11 Juin.	Manna, direction N. E.—S. O., durée 6 secondes.
93	13 Juin.	Manna, direction N. E.—S. O., durée 6 secondes.
94	16 Juin.	Manna, la nuit (le matin) à 4 heures, durée 2 sec.
95	16 Juin.	Kotta Nopan, $7^{h\,1}/_4$ du matin; N.—S.; 4 secondes.
95^a	16 Juin.	Iles Sangi et Talau (Menado) 9 heures du matin. Secousse horizontale assez forte. Durée quelques sec.
96	16 Juin.	Ajer Bangies, $6^{h\,1}/_2$ du soir, secousse légère.
97	24 Juin.	Manna, direction N. E.—S. O. durée 10 secondes. Heure?
98	7 Juillet.	Benkoelen, le matin à $5^{h\,3}/_4$, durée une couple de secondes, N. O.—S. E.
99	15 Juillet.	Dammer (Amboine), durée et heure pas indiquées. Direction N. E.—S. O.
100	16 Juillet.	Kotta-Radja (Atjeh) 3^h après-midi. Assez fort, quelques secondes, S. E.—N. O.
101	18 Juillet.	Benkoelen, Laïs et Manna; 11^h 20^m (Benkoelen) soir. Assez fort. Horizontal. S.—N. Durée 20 sec.
102	27 Juillet.	Bima (Macassar), à midi, S.—N.; plus de 1 minute, forte secousse.
103	30 Juillet.	Kajeli (Boeroe, Amboine) 4^h 55^m après-midi, O.—E., 4 à 5 secondes, assez forte secousse.
104	31 Juillet.	Amahei, $8^{h\,1}/_2$ èt $9^{h\,1}/_2$ du soir, 2 légères secousses.
105	1 Août.	Pasoeroean et Malang. $1^{h\,1}/_2$ après-midi; durée 15 sec. Secousses assez fortes. Horizontales, direction S. E.—N. O.
106	8 Août.	Boeleleng (île Bali), 6^h 40^m du matin, durée 10 secondes, direction S. E.—N. O.
	8 Août.	Ampenan (île Lombok) le matin à 6^h 40^m, assez fort.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
107	12 Août.	Moeara Doea, le soir à 11^h, S.—N., secousses horizontales.
108	22 Août.	Baros (rés. Tapanoeli) l'après-midi à 6 heures. N.—S., 3 sec.
109	24 Août.	Boeleleng (Bali) au matin une faible secousse de tremblement de terre.
110	27 Août.	Siboga, Natal, Taloe et Ajer Bangies. Assez fort tremblement de terre, précédé d'un bruit souterrain, l'après-midi à $1^h 30^m$, $2^h 30^m$ et $1^h 45^m$ (?) A Siboga E.—O. 10 sec.
111	28 Août	Padang-Sidempoean, $1^h 30^m$ de l'après-midi. E.—O. 5 sec.
112	10 Sept.	Menado (chef-lieu) 8 heures du soir. S.—N., 15 sec. Tremblement de terre horizontal, assez fort; ressenti aussi dans tout le Minahassa et à Taboekan (à Grand Sangi).
113	10 Sept.	Moeara Doea (Palembang) le soir à 10^h et $10^h \, ^1/_2$; secousses verticales.
114	11 Sept.	Ajer-Bangies, le matin à $10^h 45^m$, une légère secousse de tremblement de terre, accompagnée de bruit souterrain. Direction S. O.—N. E.
115	12 Sept.	Iles Sangi et Talau (Menado) 3 heures du matin. Faible secousse horizontale. Durée 4 à 5 secondes. Direction N.—S.
116	12 Sept.	Benkoelen, Taba-Penandjong, Loeboe Lintang, Lais et Manna, le matin vers 4 heures; forte secousse horizontale de tremblement de terre, suivie de secousses plus faibles; direction S. E.—N. O., durée 10 secondes.
117	16 Sept.	Le matin 2 heures, à la terre Tjikandi-Oedik (Sérang) propriétaire W. E. Kimball, assez fort tremblement de terre, précédé de fortes détonations et de vibrations d'air. Les détonations partaient (?) du N. O. et la direction du tremblement de terre était N. O.—S. E.
118	16 Sept.	Benkoelen, le soir vers $7^h 30^m$ tremblement de terre vertical moins fort que celui du 12 Sept. mais d'une durée deux fois plus longue.
119	20 Sept.	Koeningan (Cheribon) $9^h 43^m$ du soir, bruit souterrain, suivi d'un mouvement ondulatoire, de l'O. à l'E.; durée quelques secondes.
120	24 Sept.	Koeningan (Cheribon). Le matin à 9 heures léger mouvement ondulatoire de l'O. à l'E., durée quelques sec.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
121	7 Oct.	Malimping (district Tjilangkahan, division Lebak) à midi 10ᵐ un tremblement de terre assez fort, à ondulations horizontales du N. O. au S. E., durée 8 à 9 secondes.
122	12 Oct.	Benkoelen, Loeboe-Lintang et Lais, rapide succession de légères secousses horizontales de tremblement de terre. Direction S.—N.; durée 5 secondes.
123 et 124	26 et 27 Oct.	Sipirok (Tapanoeli). Pendant la nuit, le 26 à 10^h 45^m et le 27 à environ 10^h. Tremblements de terre. Durée 30 secondes et $1^1/_2$ minute. Direction E.—O.
125	28 Oct.	Sipirok, Teroentoeng et Siboga. Tremblements de terre. Celui de Sipirok à 12^h 50^m. Durée 15 secondes, direction E.—O. Pour les deux autres lieux, la durée ni la direction ne sont connues.
126	30 Oct.	Tontolie (Macassar) à $5^{h\,1}/_2$ et 11^h du matin; durée quelques secondes; précédé de bruits souterrains. Direction S.—N.
127	30 Oct.	Boeleleng et Djembrana ((Bali et Lombok) à 8 heures du soir. Tremblement de terre.
128	16 Nov.	Benkoelen, Loeboe-Lintang, Mokko-Mokko et Seblat; l'après-midi à 4^h 10^m, deux fortes secousses verticales de tremblement de terre et roulements bruyants. Durée 10—6 secondes.
	16 Nov.	Moeara Doea (Palembang); $4^{h\,1}/_2$ après-midi, secousse verticale assez forte, durée 2 à 3 secondes.
	16 Nov.	Bandar, Lahat et Boengamas, 4^h 15^m après-midi. A Bandar, secousses assez fortes, direction E.—O.; dans les deux autres lieux, secousses légères.
129	20 Nov.	Tjitjoeroeq (div. Soekaboemi) le soir à 9 heures. Tremblement de terre, qui à 10^h $^3/_4$ fut suivi d'une forte secousse; ressenti aussi à Soekaboemi.
130	27 Nov.	Petoeng Kriono (district Sawangan, Pekalongan) le soir à 9 heures, léger tremblement de terre, direction S.—N.
131	28 Nov.	Malang, 11^h $^1/_2$ du matin. Direction E.—O.
132	8 Déc.	Kajeli, 1^h 20^m et 1^h 25^m après-midi, direction S.—N., durée 16 et 9 secondes.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
133	10 Déc.	Kajeli et Amboine, $10^h\ 55^m$ du matin; S.—N., durée à Kajeli, 7 sec, et à Amboine, 3 secondes.
134	11 Déc.	Penjaboengan (Côte occid. de Sumatra) 6^h du soir, une secousse légère, durée 2 secondes.
135	14 Déc.	Loeboe-Lintang, div. Seloema (Benkoelen), à $10^h\ 30^m$ du matin, secousse légère.
136	15 Déc.	Banda, le soir à 7 heures, direction O.—E.
137	28 Déc.	Asahan (Côte orient. de Sumatra), 3 heures du matin, deux secousses légères.
138	28 Déc.	Siboga (Côte occid. de Sumatra) $4^h\ 2^m$ du matin, une secousse violente, qui dura 2 à 3 secondes; une secousse plus faible à $4^h\ 7^m$ du matin, et encore une à $9^h\ 58^m$ du matin.
	28 Déc.	Baligé (Tapanoeli, Côte occid. de Sumatra) entre 4 et 5 heures du matin, un assez fort tremblement de terre horizontal, qui dura 8 à 10 secondes. Observé aussi à Taroetoeng et Pagaran-Pisang; à Sipirok furent ressenties deux secousses horizontales, qui se succédèrent rapidement.
	1883.	*Eruptions.*
	13 Avril.	Lamongan. Vers minuit. Pluie de cendres, continuant jusqu'au Dimanche 15 Avril.
	20 Mai.	*Première éruption du Krakatau.*
	5 Juin.	Merapi (Côte occid. de Sumatra). A $6^h\ ^1/_2$ du matin, suivie d'une pluie de cendres à Padang-Pandjang, qui dura de $8^h\ ^1/_4$ à $9^h\ ^1/_4$.
	25 Juillet.	Merapi (Java). Formation d'un nouveau cône d'éruption dans l'ancien cratère.
	25/26 Août.	La nuit, éruption du Goenoeng Api, à Grand Sangi, (Menado).
	26 et 27 Août.	*Grande éruption du Krakatau.*
	27 Août.	$8^h\ ^1/_2$ du matin. Merapi (Côte occid. de Sumatra).
	En Déc.	Activité du Merapi (Côte occid. de Sumatra).
	1884.	
	6 Janv.	Accroissement d'activité du Lamongan. Bruits entendus et feu (?) vomi.

N°.	Date.	Lieu, heure, etc.
	14/16 Avril.	Eruption Lamongan.
	23 Juin.	De nouveau léger accroissement d'activité du Lamongan.
	8 Août.	Le volcan Rendjani à Lombok rejeta de la fumée et des cendres. pendant plusieurs jours.
	10 Déc.	Pluie de cendres tombée à Oro-oro-Poelee (district Wonoredjo, sous-rés. Bangil, résidence Pasoeroean) le soir à 10 heures (provenant du Semeroe).

424. J. P. van der Stok. Uitbarstingen van vulkanen en aardbevingen in den O. I. Archipel. waargenomen gedurende het jaar 1882. Natuurkundig Tijdschrift voor Ned.-Indië, Deel XLIII, 1883, p. 144—149.

425. Javasche Courant du 1er Mai et du 4 Mai.

426 Javasche Courant du 22 Juin.

427. Javasche Courant du 12 Oct. Communication du Résident de Soerakarta.

428. Javasche Courant du 9 Mai 1884: R. D. M. Verbeek, Rapport over een onderzoek van den vulkaan Merapi op Java. *Idem.* Nat. Tijdschr. v. Ned.-Indië, Deel XLIV, p. 89-93. Avec carte.

429. Javasche Courant du 26 Oct.

430. Rapport officiel du Résident de Menado au Gouvernement, du 20 Novembre 1883.

431. Sumatra Courant du 28 Août. Communication de M. Hamers, de Padang-Pandjang.

432. Rapport officiel du Gouverneur de Sumatra's Westkust au Directeur de l'Instruction publique, en date du 26 Décembre 1883. Peut-être était-ce une trépidation produite par l'air.

433. Javasche Courant du 5 Oct.; Jav. Cour. 19 Oct.; Jav. Cour. 23 Nov. Rapport officiel du Résident d'Amboine au Directeur de l'Instruction publique, du 2 Avril 1884.

434. Rapport officiel du Gouverneur de Célèbes au Gouvernement, du 18 Déc.

435. Javasche Courant du 16 Oct.; Jav. Cour. 19 Oct.; Jav. Cour. 16 Nov.

436. Locomotief N°. 248, 1883.

437. Rapport officiel du Résident de Bali au Gouvernement, du 1er Novembre 1883.

438. Rapport officiel du Gouverneur de Sumatra's Westkust au Gouvernement, du 10 Janv. 1884.

439. Télégrammes du Résident de Probolinggo au Gouvernement, du 6 Janv. 84 et du 11 Janv. 84.

440. Télégramme du Résident de Probolinggo au Gouvernement, du 16 Avril 1884.

441. Java Bode du 8 Octobre. Informations extraites du Sydney Mail et du Queenslander.

441a. M. C. Todd, d'Adélaïde, rapporte que de fortes secousses de tremblement de terre (?) eurent lieu à Daly Waters, les 26 et 27 Août. Meteor. Zeitsch. Febr. 1884, p. 51.

442. Tägliche Rundschau N°. 256, 1883. Informations extraites de journaux australiens.

442a. Communication du Dr. J. Hector, du Musée colonial de Wellington, Nouvelle-Zélande, qui m'est parvenue par l'entremise du Consul général des Pays-Bas à Melbourne.

443. The Queenslander, Sept. 1, Brisbane, Queensland p. 350. Communication sur le tremblement de terre du 29 Août.

443a. Les informations **441** à **443** attribuent des dates en partie inexactes aux phénomènes observés en Australie; en outre, les détonations et les vibrations de l'air y sont données comme tremblements de terre.

Les communications suivantes, que M. Todd, Government Astronomer à Adélaïde, eut la bonté de recueillir, m'ont été envoyées par notre Consul général à Melbourne.

»Shocks of earthquake were also reported at several places in New-South Wales. A correspondent at Bawral N. S. W. telegraphs Aug. 27th that a slight shock of earthquake was felt last night, apparent direction north and south. Another person at Croockwell telegraphed »a severe earthquake felt here this morning (27th) between 12 and 1 o'clock; it passed from west to east, and aroused many of the inhabitants". A shock of earthquake was felt at Goulbourne at midnight on Sunday which lasted about one minute, shaking several buildings severely.

New-Zealand. A sharp shock of earthquake was felt at Patea about 100 miles north of Wellington at *half past four* (29th) (l'information N°. **442**, du Tägliche Rundschau, porte, probablement par erreur $^1/_2$ 4) this morning.

Earthquake shocks were felt in Queensland on the morning of the 29th, over a very wide area.

At Gayndah the shock was so severe as to damage the Court-House and lock up-brick buildings.

The State school and school of Arts — also built of brick — were slightly damaged.

At Maryborough three distinct waves from S. to S. W. were felt, the last accompanied by a shock, which shook the houses and rattled the doors, cracking several walls and ceilings.

A milder shock was felt at Rockhampton, Gladstone and other places, after 4 o'clock.

444. Nature N°. 741, Jan. 10, 1884, p. 244.

445. North Pacific Ocean in 4 sheets. Published Jan. 1874 at the Hydrogr. Office, Washington, D. C. Additions, Dec. 1877.

446. Nature N°. 743, Jan. 24, 1884, p. 284. Courte communication sur l'éruption du Mont Augustin.

447. Science Vol. III, N°. 54. Febr. 15, 1884, p. 186. G. DAVIDSON »Notes on the volcanic eruption of Mount St. Augustin, Alaska, October 6, 1883". Reproduit dans Nature N°. 749, March 6, 1884, p. 441.

448. Science Vol. III, N°. 51. Jan. 25, 1884, p. 89. Wm. H. DALL. A new volcano island in Alaska. Communication sur les éruptions du Bogosloff et du St. Augustin.

448a. Science Vol. III, N°. 57. March 7, 1884, p. 282. G. DAVIDSON. The new Bogosloff Volcano in Bering Sea.

449. Nature N°. 740. Jan. 3, 1884; extract from Japan Weekly Mail (published at Yokohama) of Oct. 20, 1883 (voir aussi **242**).

450. Nature N°. 743, Jan. 24, 1884, p. 284. Dans cette communication, M. S. APPLEGATE rapporte que de la cendre est tombée le 20 Octobre à Unalaska.

D'après Science 1884, p. 92, cette chute aurait eu lieu le 16 (?) Oct., et d'après d'autres le 24 (ne faudrait-il pas lire le 20? VERB.) Octobre. Dans Science, 1884, p. 286, on trouve le 16 Octobre *et* 20 Octobre.

450a. Nature N°. 760, May 22, p. 91. Report on atmospheric sand-dust from Unalaska. By J. S. DILLER, Assistant Geologist, United States Geol. Survey.

451. Weekly Ceylon Observer N°. 38, Colombo, Sept. 29, 1883.

452. Communications recueillies par le Dr. NEUMAYER de Hamburg,, et publiées dans Meteorologische Zeitschrift Febr. 1884, p. 50 et 51.

452a. Gold Coast Times, 14 September. Meteor. Zeitschr. März—April 1884.

452b. Une liste d'environ 70 tremblements de terre notés en 1883 se trouve dans l'Astronomie, publiée par C. FLAMMARION, 3ième année, 1884, p. 178.

453. Nature N°. 742, Jan. 17, p. 272. Extrait du journal Sibérien Ssibir.

454. Nature N°. 729, Oct. 18, p. 597.

455. Nature N°. 729, Oct. 18, p. 597.

456. Nature N°. 730, Oct. 25, p. 623.

457. Nature N°. 731, Nov. 1, p. 15 et N°. 733, Nov. 15, p. 56.

458. Nature N°. 731, Nov. 1, p. 15.

459. Nature N°. 742, Jan. 17, 1884, p. 272.

460. Nature N°. 741, Jan. 10, 1884, p. 245.

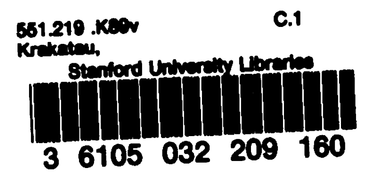
461. La théorie de DAVY est exposée dans les Annales de chimie et de physique, tome 38, et dans les Philosophical transactions for 1828. Une réfutation de cette théorie, par BISCHOF, se trouve dans l'ouvrage de cet auteur »Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, Leipzig 1837, p. 256 et suiv., et dans le Edinburg new philos. Journal, 1839 et 1840.

462. FOUQUÉ. Rapport sur les phénomènes chimiques de l'éruption de l'Etna en 1865. Voir aussi: LYELL Principles of Geology 10th edition 1868, Vol. II, p. 233.

---

463. Ces photographies sont en vente chez M. M. SCHULTZE et THOMAS, photographes à Batavia; les intéressantes photographies de l'éruption du mois de Mai (voir p. 17), chez M. HAMBURG, à Batavia.





DATE DUE			
JUN 29 1984			
JUL 15 1992			

